

ISSN 2523-2517

Volumen 2, Número 6 — Julio — Septiembre - 2018

Revista de Ingeniería Eléctrica

ECORFAN®

ECORFAN-Perú

Editora en Jefe

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Redactor Principal

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

Asistente Editorial

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Editor Ejecutivo

SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD

Editores de Producción

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Administración Empresarial

REYES-VILLO, Angélica. BsC

Control de Producción

RAMOS-ARANCIBIA Alejandra. BsC

DÍAZ-OCAMPO Javier. BsC

Revista de Ingeniería Eléctrica, Volumen 2, Número 6, de Julio a Septiembre 2018, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Perú. La Raza Av. 1047 No. - Santa Ana, Cusco-Perú. Postcode: 11500. WEB: www.ecorfan.org/republicofperu, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. Co-Editor: SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD. ISSN: 2523-2517. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 30 de Septiembre 2018.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Instituto Nacional de defensa de la competencia y protección de la propiedad intelectual.

Revista de Ingeniería Eléctrica

Definición del Research Journal

Objetivos Científicos

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología en Innovación en el Área de Ingeniería y Tecnología, en las Subdisciplinas Electromagnetismo, Fuentes de distribución eléctrica, Innovación en la ingeniería eléctrica, Amplificación de señales, Diseño de motores eléctricos, Ciencias materiales en las plantas eléctricas, Gestión y distribución de energías eléctricas.

ECORFAN-México S.C es una Empresa Científica y Tecnológica en aporte a la formación del Recurso Humano enfocado a la continuidad en el análisis crítico de Investigación Internacional y está adscrita al RENIECYT de CONACYT con número 1702902, su compromiso es difundir las investigaciones y aportaciones de la Comunidad Científica Internacional, de instituciones académicas, organismos y entidades de los sectores público y privado y contribuir a la vinculación de los investigadores que realizan actividades científicas, desarrollos tecnológicos y de formación de recursos humanos especializados con los gobiernos, empresas y organizaciones sociales.

Alentar la interlocución de la Comunidad Científica Internacional con otros centros de estudio de México y del exterior y promover una amplia incorporación de académicos, especialistas e investigadores a la publicación Seriada en Nichos de Ciencia de Universidades Autónomas - Universidades Públicas Estatales - IES Federales - Universidades Politécnicas - Universidades Tecnológicas - Institutos Tecnológicos Federales - Escuelas Normales - Institutos Tecnológicos Descentralizados - Universidades Interculturales - Consejos de CyT - Centros de Investigación CONACYT.

Alcances, Cobertura y Audiencia

Revista de Ingeniería Eléctrica es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Perú, es una publicación científica arbitrada e indizada con periodicidad trimestral. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de la Electromagnetismo, Fuentes de distribución eléctrica, Innovación en la ingeniería eléctrica, Amplificación de señales, Diseño de motores eléctricos, Ciencias materiales en las plantas eléctricas, Gestión y distribución de energías eléctricas con enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-México® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

Consejo Editorial

ROCHA - RANGEL, Enrique. PhD
Oak Ridge National Laboratory

CARBAJAL - DE LA TORRE, Georgina. PhD
Université des Sciences et Technologies de Lille

GUZMÁN - ARENAS, Adolfo. PhD
Institute of Technology

CASTILLO - TÉLLEZ, Beatriz. PhD
University of La Rochelle

FERNANDEZ - ZAYAS, José Luis. PhD
University of Bristol

DECTOR - ESPINOZA, Andrés. PhD
Centro de Microelectrónica de Barcelona

TELOXA - REYES, Julio. PhD
Advanced Technology Center

HERNÁNDEZ - PRIETO, María de Lourdes. PhD
Universidad Gestalt

CENDEJAS - VALDEZ, José Luis. PhD
Universidad Politécnica de Madrid

HERNANDEZ - ESCOBEDO, Quetzalcoatl Cruz. PhD
Universidad Central del Ecuador

HERRERA - DIAZ, Israel Enrique. PhD
Center of Research in Mathematics

MEDELLIN - CASTILLO, Hugo Iván. PhD
Heriot-Watt University

LAGUNA, Manuel. PhD
University of Colorado

VAZQUES - NOGUERA, José. PhD
Universidad Nacional de Asunción

VAZQUEZ - MARTINEZ, Ernesto. PhD
University of Alberta

AYALA - GARCÍA, Ivo Neftalí. PhD
University of Southampton

LÓPEZ - HERNÁNDEZ, Juan Manuel. PhD
Institut National Polytechnique de Lorraine

MEJÍA - FIGUEROA, Andrés. PhD
Universidad de Sevilla

DIAZ - RAMIREZ, Arnoldo. PhD
Universidad Politécnica de Valencia

MARTINEZ - ALVARADO, Luis. PhD
Universidad Politécnica de Cataluña

MAYORGA - ORTIZ, Pedro. PhD
Institut National Polytechnique de Grenoble

ROBLEDO - VEGA, Isidro. PhD
University of South Florida

LARA - ROSANO, Felipe. PhD
Universidad de Aachen

TIRADO - RAMOS, Alfredo. PhD
University of Amsterdam

DE LA ROSA - VARGAS, José Ismael. PhD
Universidad París XI

CASTILLO - LÓPEZ, Oscar. PhD
Academia de Ciencias de Polonia

LÓPEZ - BONILLA, Oscar Roberto. PhD
State University of New York at Stony Brook

LÓPEZ - LÓPEZ, Aurelio. PhD
Syracuse University

RIVAS - PEREA, Pablo. PhD
University of Texas

VEGA - PINEDA, Javier. PhD
University of Texas

PÉREZ - ROBLES, Juan Francisco. PhD
Instituto Tecnológico de Saltillo

SALINAS - ÁVILES, Oscar Hilario. PhD
Centro de Investigación y Estudios Avanzados -IPN

RODRÍGUEZ - AGUILAR, Rosa María. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

BAEZA - SERRATO, Roberto. PhD
Universidad de Guanajuato

MORILLÓN - GÁLVEZ, David. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

CASTILLO - TÉLLEZ, Margarita. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

SERRANO - ARRELLANO, Juan. PhD
Universidad de Guanajuato

ZAVALA - DE PAZ, Jonny Paul. PhD
Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada

ARROYO - DÍAZ, Salvador Antonio. PhD
Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas

ENRÍQUEZ - ZÁRATE, Josué. PhD
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

HERNÁNDEZ - NAVA, Pablo. PhD
Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica

CASTILLO - TOPETE, Víctor Hugo. PhD
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

CERCADO - QUEZADA, Bibiana. PhD
Intitut National Polytechnique Toulouse

QUETZALLI - AGUILAR, Virgen. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

DURÁN - MEDINA, Pino. PhD
Instituto Politécnico Nacional

PORTILLO - VÉLEZ, Rogelio de Jesús. PhD
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

ROMO - GONZALEZ, Ana Eugenia. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

VASQUEZ - SANTACRUZ, J.A. PhD
Centro de Investigación y Estudios Avanzados

VALENZUELA - ZAPATA, Miguel Angel. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

OCHOA - CRUZ, Genaro. PhD
Instituto Politécnico Nacional

SÁNCHEZ - HERRERA, Mauricio Alonso. PhD
Instituto Tecnológico de Tijuana

PALAFIX - MAESTRE, Luis Enrique. PhD
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

AGUILAR - NORIEGA, Leocundo. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

GONZALEZ - BERRELLEZA, Claudia Ibeth. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

REALYVÁSQUEZ - VARGAS, Arturo. PhD
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

RODRÍGUEZ - DÍAZ, Antonio. PhD
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

MALDONADO - MACÍAS, Aidé Aracely. PhD
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

LICEA - SANDOVAL, Guillermo. PhD
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

CASTRO - RODRÍGUEZ, Juan Ramón. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

RAMIREZ - LEAL, Roberto. PhD
Centro de Investigación en Materiales Avanzados

VALDEZ - ACOSTA, Fevrier Adolfo. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

GONZÁLEZ - LÓPEZ, Samuel. PhD
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

CORTEZ - GONZÁLEZ, Joaquín. PhD
Centro de Investigación y Estudios Avanzados

TABOADA - GONZÁLEZ, Paul Adolfo. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

RODRÍGUEZ - MORALES, José Alberto. PhD
Universidad Autónoma de Querétaro

Comité Arbitral

ESCAMILLA - BOUCHÁN, Imelda. PhD
Instituto Politécnico Nacional

LUNA - SOTO, Carlos Vladimir. PhD
Instituto Politécnico Nacional

URBINA - NAJERA, Argelia Berenice. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

PEREZ - ORNELAS, Felicitas. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

CASTRO - ENCISO, Salvador Fernando. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

CASTAÑÓN - PUGA, Manuel. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

BAUTISTA - SANTOS, Horacio. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

GONZÁLEZ - REYNA, Sheila Esmeralda. PhD
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

RUELAS - SANTOYO, Edgar Augusto. PhD
Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas

HERNÁNDEZ - GÓMEZ, Víctor Hugo. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

OLVERA - MEJÍA, Yair Félix. PhD
Instituto Politécnico Nacional

CUAYA - SIMBRO, German. PhD
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

LOAEZA - VALERIO, Roberto. PhD
Instituto Tecnológico Superior de Uruapan

ALVAREZ - SÁNCHEZ, Ervin Jesús. PhD
Centro de Investigación Científica y de Estudios Superiores de Ensenada

SALAZAR - PERALTA, Araceli. PhD
Universidad Autónoma del Estado de México

MORALES - CARBAJAL, Carlos. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

RAMÍREZ - COUTIÑO, Víctor Ángel. PhD
Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica

BAUTISTA - VARGAS, María Esther. PhD
Universidad Autónoma de Tamaulipas

GAXIOLA - PACHECO, Carelia Guadalupe. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

GONZÁLEZ - JASSO, Eva. PhD
Instituto Politécnico Nacional

FLORES - RAMÍREZ, Oscar. PhD
Universidad Politécnica de Amozoc

ARROYO - FIGUEROA, Gabriela. PhD
Universidad de Guadalajara

BAUTISTA - SANTOS, Horacio. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

GUTIÉRREZ - VILLEGAS, Juan Carlos. PhD
Centro de Tecnología Avanzada

HERRERA - ROMERO, José Vidal. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

MARTINEZ - MENDEZ, Luis G. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

LUGO - DEL ANGEL, Fabiola Erika. PhD
Instituto Tecnológico de Ciudad Madero

NÚÑEZ - GONZÁLEZ, Gerardo. PhD
Universidad Autónoma de Querétaro

PURATA - SIFUENTES, Omar Jair. PhD
Centro Nacional de Metrología

CALDERÓN - PALOMARES, Luis Antonio. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

TREJO - MACOTELA, Francisco Rafael. PhD
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

TZILI - CRUZ, María Patricia. PhD
Universidad ETAC

DÍAZ - CASTELLANOS, Elizabeth Eugenia. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

ORANTES - JIMÉNEZ, Sandra Dinorah. PhD
Centro de Investigación en Computación

VERA - SERNA, Pedro. PhD
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

MARTÍNEZ - RAMÍRES, Selene Marisol. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

OLIVARES - CEJA, Jesús Manuel. PhD
Centro de Investigación en Computación

GALAVIZ - RODRÍGUEZ, José Víctor. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

JUAREZ - SANTIAGO, Brenda. PhD
Universidad Internacional Iberoamericana

ENCISO - CONTRERAS, Ernesto. PhD
Instituto Politécnico Nacional

GUDIÑO - LAU, Jorge. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

MEJIAS - BRIZUELA, Nildia Yamileth. PhD
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

FERNÁNDEZ - GÓMEZ, Tomás. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

MENDOZA - DUARTE, Olivia. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

ARREDONDO - SOTO, Karina Cecilia. PhD
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

NAKASIMA - LÓPEZ, Mydory Oyuky. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

AYALA - FIGUEROA, Rafael. PhD
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

ARCEO - OLAGUE, José Guadalupe. PhD
Instituto Politécnico Nacional

HERNÁNDEZ - MORALES, Daniel Eduardo. PhD
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

AMARO - ORTEGA, Vidblain. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

ÁLVAREZ - GUZMÁN, Eduardo. PhD
Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada

CASTILLO - BARRÓN, Allen Alexander. PhD
Instituto Tecnológico de Morelia

CASTILLO - QUIÑONES, Javier Emmanuel. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

ROSALES - CISNEROS, Ricardo. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

GARCÍA - VALDEZ, José Mario. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

CHÁVEZ - GUZMÁN, Carlos Alberto. PhD
Instituto Politécnico Nacional

MÉRIDA - RUBIO, Jován Oseas. PhD
Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital

INZUNZA - GONÁLEZ, Everardo. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

VILLATORO - Tello, Esaú. PhD
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

NAVARRO - ÁLVEREZ, Ernesto. PhD
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

ALCALÁ - RODRÍGUEZ, Janeth Aurelia. PhD
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

GONZÁLEZ - LÓPEZ, Juan Miguel. PhD
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

RODRIGUEZ - ELIAS, Oscar Mario. PhD
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

ORTEGA - CORRAL, César. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

GARCÍA - GORROSTIETA, Jesús Miguel. PhD
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

Cesión de Derechos

El envío de un Artículo a Revista de Ingeniería Eléctrica emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo.

Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Perú considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.

Declaración de Autoría

Indicar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en la participación del Artículo y señalar en extenso la Afiliación Institucional indicando la Dependencia.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo con el Número de CVU Becario-PNPC o SNI-CONACYT- Indicando el Nivel de Investigador y su Perfil de Google Scholar para verificar su nivel de Citación e índice H.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en los Perfiles de Ciencia y Tecnología ampliamente aceptados por la Comunidad Científica Internacional ORC ID - Researcher ID Thomson - arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID respectivamente

Indicar el contacto para correspondencia al Autor (Correo y Teléfono) e indicar al Investigador que contribuye como primer Autor del Artículo.

Detección de Plagio

Todos los Artículos serán testeados por el software de plagio PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se mandará a arbitraje y se rescindirá de la recepción del Artículo notificando a los Autores responsables, reivindicando que el plagio académico está tipificado como delito en el Código Penal.

Proceso de Arbitraje

Todos los Artículos se evaluarán por pares académicos por el método de Doble Ciego, el arbitraje Aprobatorio es un requisito para que el Consejo Editorial tome una decisión final que será inapelable en todos los casos. MARVID® es una Marca de derivada de ECORFAN® especializada en proveer a los expertos evaluadores todos ellos con grado de Doctorado y distinción de Investigadores Internacionales en los respectivos Consejos de Ciencia y Tecnología el homólogo de CONACYT para los capítulos de America-Europa-Asia-Africa y Oceanía. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de Arbitraje sea anónimo y cubra las siguientes etapas: Identificación del Research Journal con su tasa de ocupamiento autoral - Identificación del Autores y Coautores- Detección de Plagio PLAGSCAN - Revisión de Formatos de Autorización y Originalidad-Asignación al Consejo Editorial- Asignación del par de Árbitros Expertos- Notificación de Dictamen-Declaratoria de Observaciones al Autor-Cotejo de Artículo Modificado para Edición-Publicación.

Instrucciones para Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

Área del Conocimiento

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de Electromagnetismo, Fuentes de distribución eléctrica, Innovación en la ingeniería eléctrica, Amplificación de señales, Diseño de motores eléctricos, Ciencias materiales en las plantas eléctricas, Gestión y distribución de energías eléctricas y a otros temas vinculados a las Ingeniería y Tecnología.

Presentación del contenido

Como primer artículo presentamos, *Motor trifásico de 6, 9 y 12 terminales, proceso automático de identificación*, por VIRAMONTES-REYNA, José Luis, VILLA-VILLASEÑOR, Noé, MORENO-SILVA, Josafat y MONTELONGO-SIERRA, José Guadalupe, con adscripción en la Universidad Tecnológica de San Luis Potosí, como segundo artículo presentamos, *Sistema de enfriamiento y limpieza para mejorar la eficiencia en paneles fotovoltaicos en la Zona Sur de Veracruz*, por GARRIDO-MELÉNDEZ, Javier, REYNA-GUERRA, Pablo, ESCOBEDO-TRUJILLO, Beatris y FLORES-MARTINEZ, Eladio, con adscripción en la Universidad Veracruzana & Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz, como tercer artículo presentamos, *Control de descarga de voltaje en baterías para una máquina de retribución inversa alimentada por paneles solares*, por GARCIA-HERNANDEZ, Martin, MEZA-ESPINOSA, José Juan, MANRIQUE-EK, Josué Abraham y CARDOZO-AGUILAR, Guadalupe, con adscripción en MoviñoTech - DCIyDT & Universidad de Guadalajara, como último artículo presentamos, *Técnicas pasivas para la evaluación térmica de un concentrador solar*, por VELAZQUEZ-LUCHO, Karla María, ESPINOSA-CRUZ, Lizeth Maritza, TAVERA-MARTÍNEZ, Martin y ZUÑIGA-GUERRERO, Laidi, con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Huichapan.

Contenido

Artículo	Página
Motor trifásico de 6, 9 y 12 terminales, proceso automático de identificación VIRAMONTES-REYNA, José Luis, VILLA-VILLASEÑOR, Noé, MORENO-SILVA, Josafat y MONTELONGO-SIERRA, José Guadalupe <i>Universidad Tecnológica de San Luis Potosí</i>	1-8
Sistema de enfriamiento y limpieza para mejorar la eficiencia en paneles fotovoltaicos en la Zona Sur de Veracruz GARRIDO-MELÉNDEZ, Javier, REYNA-GUERRA, Pablo, ESCOBEDO-TRUJILLO, Beatris y FLORES-MARTINEZ, Eladio <i>Universidad Veracruzana</i> <i>Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz</i>	9-15
Control de descarga de voltaje en baterías para una máquina de retribución inversa alimentada por paneles solares GARCIA-HERNANDEZ, Martin, MEZA-ESPINOSA, José Juan, MANRIQUE-EK, Josué Abraham y CARDOZO-AGUILAR, Guadalupe <i>MoviñoTech - DCIyDT</i> <i>Universidad de Guadalajara</i>	16-21
Técnicas pasivas para la evaluación térmica de un concentrador solar VELAZQUEZ-LUCHO, Karla María, ESPINOSA-CRUZ, Lizeth Maritza, TAVERA-MARTÍNEZ, Martin y ZUÑIGA-GUERRERO, Laidi <i>Instituto Tecnológico Superior de Huichapan</i>	22-29

Motor trifásico de 6, 9 y 12 terminales, proceso automático de identificación**Three-phase motor with 6, 9 and 12 terminals, automatic identification process**

VIRAMONTES-REYNA, José Luis*†, VILLA-VILLASEÑOR, Noé, MORENO-SILVA, Josafat y MONTELONGO-SIERRA, José Guadalupe

Universidad Tecnológica de San Luis Potosí, Av. Dr. Arturo Nava Jaimes, Soledad de Graciano Sánchez S.L.P. cp 78430.¹ CIATEQ, Eje 126 #225, Zona Industrial San Luis Potosí S.L.P. cp 78395.²

ID 1^{er} Autor: *José Luis Viramontes- Reyna* / CVU CONACYT ID: 288862

ID 1^{er} Coautor: *Noé, Villa-Villaseñor* / CVU CONACYT ID: 160140

ID 2^{do} Coautor: *Josafat, Moreno-Silva* / CVU CONACYT ID: 603092

ID 3^{er} Coautor: *José Guadalupe Montelongo- Sierra* / CVU CONACYT ID: 826645

Recibido Julio 27, 2018; Aceptado Septiembre 30, 2018

Resumen

En este artículo, se presenta un nuevo algoritmo para identificar terminales en estatores trifásicos de máquinas eléctricas. El algoritmo propuesto permite la identificación automática en 6, 9 y 12 terminales. El método propuesto permite la identificación de los grupos de devanados en el estator, así como su polaridad. El algoritmo propuesto se puede implementar en hardware de bajo costo, lo que permite su uso en centros académicos con recursos limitados. Para fines de validación del método propuesto, su implementación se realiza en una plataforma de hardware de bajo costo. El resultado principal es la viabilidad del enfoque propuesto como una solución en los diferentes entornos que requieren la identificación de terminales, al utilizar el prototipo, la identificación de las terminales por método manual que dura entre 10 a 15 minutos se reduce a tiempos cortos de entre 3 a 4 segundos, sin considerar el tiempo que se tarda en conectar las terminales al equipo, se reducen los riesgos de descarga eléctrica al personal, pues el prototipo queda aislado en un gabinete.

Motor Asíncrono trifásico, Diferencia de fase de señal eléctrica, Inducción electromagnética

Abstract

In this paper, a new algorithm for identifying terminals in three-phase stators of electrical machines is introduced. The proposed algorithm allows automatic identification in 6, 9 and 12 terminal machines. The proposed method enables the identification of the groups of windings in the stator, as well as their polarity. The proposed algorithm can be implemented in low-cost hardware, which allows its use in academic centers with limited resources. For validation purposes of the proposed method, its implementation is made on an inexpensive hardware platform. The main result is the feasibility of the proposed approach as a solution in the different environments that require the identification of terminals, when using the prototype, the identification of the terminals by manual method that lasts between 10 to 15 minutes is reduced to short times of between 3 to 4 seconds, without considering the time it takes to connect the terminals to the equipment, the risks are reduced of electrical discharge to the personnel, because the prototype is isolated in a cabinet.

Three-phase asynchronous motor, Phase difference of electrical signal, Electromagnetic induction

Citación: VIRAMONTES-REYNA, José Luis, VILLA-VILLASEÑOR, Noé, MORENO-SILVA, Josafat y MONTELONGO-SIERRA, José Guadalupe. Motor trifásico de 6, 9 y 12 terminales, proceso automático de identificación. Revista de Ingeniería Eléctrica. 2018. 2-6: 1-8.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: (jlviramontesr@gmail.com)

Introducción

En método tradicional que se cuenta en la actualidad para la identificación de terminales en un motor trifásico asíncrono, está basado en un sistema manual, en el cual se debe desarrollar utilizando una señal de corriente alterna, equipo de medición y elementos de carga como puede ser un foco, esta metodología tradicional implica un riesgo de descarga eléctrica hacia la persona que se encuentre desarrollando la identificación; ante tal situación y buscando como un punto principal la seguridad al personal, se ha desarrollado un algoritmo, el cual, por medio de la aplicación de elementos electrónicos y eléctricos, incluyendo un microcontrolador, se identifican los pares de las terminales en motores de 6, 9 y 12 conexiones, así como la unión estrella interna perteneciente a un motor con 9 terminales.

Ello se logra al estar utilizando una señal de CA con capacidad de entrega de corriente de hasta 2 Amperes y la identificación por medio de la medición en continuidad de cada una de las terminales por medio del control del microcontrolador. Adicional a la seguridad que se le está brindando al operador, el tiempo de identificación se reduce considerablemente en algunos segundos, esto dependiendo del tiempo necesario que se requiera por las combinaciones realizadas para identificar cada terminal.

Etapas del método

1.1 Conceptos teóricos

La ecuación para una onda sinusoidal para corriente y voltajes instantáneos vienen expresados por:

$$i = I_m \sin \omega t \quad (1)$$

$$v = V_m \sin \omega t \quad (2)$$

Ya que ωt representa un ángulo, se puede expresar en radianes o grados.

Fase (Chapman, Electric machinery fundamentals, Fourth edition, 2005) es la fracción de periodo durante la cual el tiempo o el correspondiente ángulo de tiempo ωt ha avanzado, a partir de un punto de referencia arbitrariamente seleccionado.

En el caso de una simple variación sinusoidal, el origen generalmente se toma a partir del último pase por cero, contando en sentido positivo. Así, una fase de una onda sinusoidal es de $1/12$ de periodo (o 30° a partir del origen), punto en el cual la ordenada es la mitad de la máxima. Así entonces:

$$i = I_m \sin(\omega t + \theta) \quad (3)$$

Representa una onda sinusoidal de corriente con un ángulo θ de fase.

Diferencia de fase, (Chapman, Electric machinery fundamentals, Fourth edition, 2005) es la cantidad en grados que existe entre una señal con respecto a otra, se pueden involucrar diferentes señales para obtener la diferencia entre estas señales involucradas, por ejemplo si se tiene una señal en corriente adelantada 90° respecto de una señal de voltaje, entonces se puede representar como:

$$v = V_m \sin \omega t \quad (4)$$

Para el voltaje, así entonces la corriente se representaría como:

$$i = I_m \sin \omega t + 90^\circ = I_m \cos \omega t \quad (5)$$

Impedancia. En general para una rama RLC la ecuación que representaría la impedancia en un circuito, estará dada de la siguiente manera:

$$Z_{(RLC)} = \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2} \angle \tan^{-1} \frac{(\omega L - 1/\omega C)}{R} \quad (6)$$

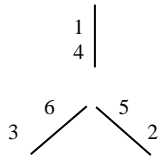
Ley de Faraday. Esta ley establece que si un flujo atraviesa una espira de alambre conductor, se inducirá en esta un voltaje directamente proporcional a la tasa de cambio del flujo con respecto al tiempo. Expresado en la ecuación:

$$e_{\text{ind}} = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad (7)$$

Donde signo menos en la ecuación es una expresión de la Ley de Lenz, la cual establece que la dirección del voltaje inducido en la bobina es tal que si los extremos de esta estuvieran en cortocircuito, se produciría en ella una corriente que generaría un flujo opuesto al flujo inicial.

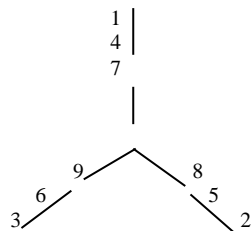
1.2 Normas aplicables

Para esta investigación se utilizan las normas de National Electrical Manufacturers Association (NEMA) junto con la American National Standard (ANSI), en la norma NEMA MG 1-2011 se marcan las terminales como se indica en las figuras 1 2 y 3.



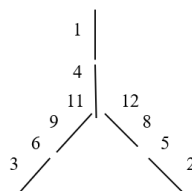
Voltaje	L1	L2	L3	conexiones
Estrella	1	2	3	4 y 5 y 6
Delta	1 y 6	2 y 4	3 y 5	

Figura 1 Conexión estrella en motor 6 derivaciones
Fuente: Fuente Propia



Voltaje	L1	L2	L3	conexiones
Bajo	1,7	2,8	3,9	4 y 5 y 6
Alto	1	2	3	(4 y 7), (5 y 8), (6 y 9)

Figura 2 Conexión estrella en motor 9 derivaciones
Fuente: Fuente Propia



Voltaje	L1	L2	L3	conexiones
Bajo	1,7	2,8	3,9	(4 y 5 y 6), (10 y 11 y 12)
Alto	1	2	3	(4 y 7), (5 y 8), (6 y 9), (10 y 11 y 12)

Figura 3 Conexión estrella en motor 12 derivaciones
Fuente: Fuente Propia

1.3 Diseño de prototipo

Se integra con material de bajo costo un prototipo para la realización de pruebas, el cual se forma con elementos electrónicos y eléctricos, fuente de voltaje de diseño especial para obtener los diferentes voltajes requeridos para la correcta operación del prototipo y un Microcontrolador.

Se desarrolla un programa ejecutable en el Microcontrolador para el desarrollo de la detección automática de las terminales, para ello, se muestra en la Figura 4 un diagrama de flujo de inicio de secuencia, así como en la figura 5 se presenta el método de detección de los pares en un motor de 6 terminales, para motores de 9 y 12 terminales se tiene una secuencia similar.

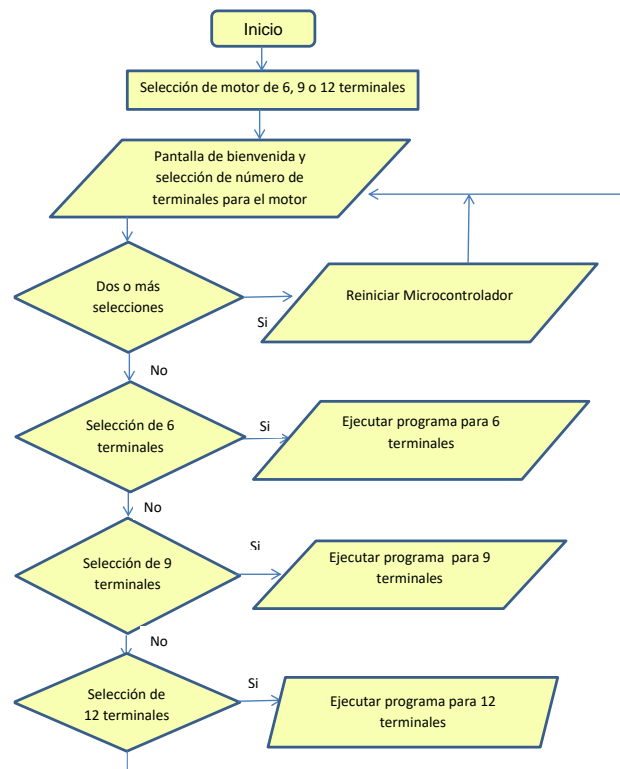


Figura 4 Diagrama de flujo para selección de motor
Fuente: Fuente Propia

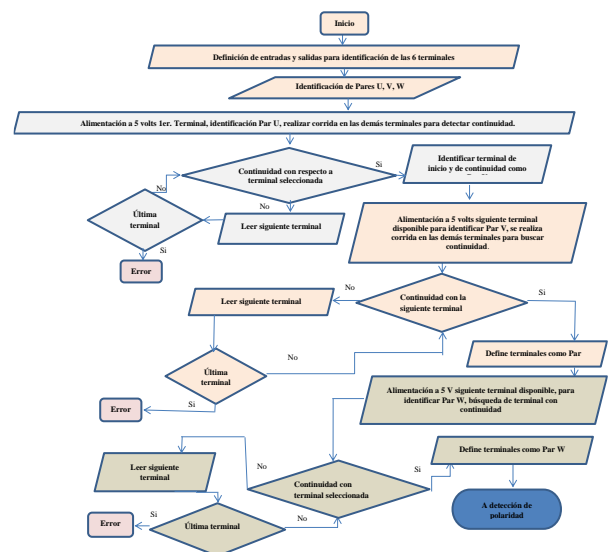


Figura 5 Diagrama de flujo para detección de pares en un motor de 6 terminales
Fuente: Fuente Propia

Pruebas realizadas

En esta sección se muestran algunas de las pruebas realizadas a motores de 6, 9 y 12 terminales. El proceso inicia al ejecutar el programa en el Microcontrolador, presentando una pantalla de bienvenida, como se muestra en la Figura 6, el cual por medio del accionamiento de interruptores pulsadores normalmente abiertos, seleccionamos la opción deseada para la identificación, cabe hacer mención que si se activan 2 o más opciones el Microcontrolador se reinicia, mostrando nuevamente la pantalla de bienvenida.

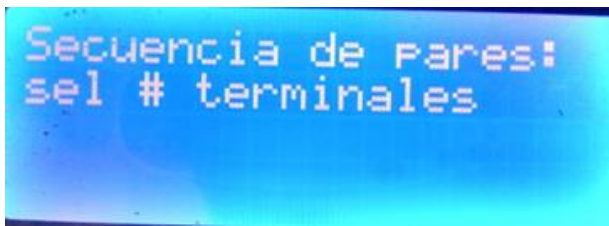


Figura 6 Pantalla de bienvenida del prototipo
Fuente: Fuente Propia

Al activar la opción para 6 terminales, se ejecuta esta sección del programa, mostrando la pantalla en la Figura 7.



Figura 7 Pantalla donde se indicó la secuencia activada
Fuente: Fuente Propia

El motor trifásico asíncrono tipo jaula de ardilla utilizado se muestra en la Figura 8, en la cual también se visualiza la sección del circuito donde físicamente se realiza la conexión de las terminales a reconocer. En la Figura 9 se muestra el resultado obtenido del análisis realizado. El método propuesto de identificación para la polaridad de las bobinas, se realiza por medio de la detección de la señal desfasada inducida, para el ejemplo mostrado, se realiza por medio de una señal de disparo controlada y en fase con la señal de voltaje utilizada para alimentar las bobinas; la señal inducida en voltaje es leída por medio de un canal analógico del Microcontrolador.

Este voltaje inducido se compara en su valor numérico convertido del voltaje en la entrada analógica con los demás pares del motor, para ubicar por medio del programa cuál de los canales presenta mayor inducción, ubicando el respectivo par y su polaridad con el que induce, la comparación de la señal puede lanzar resultados como lo indica en la Figura 9, donde, la señal analizada se encuentra en fase al valor pico con respecto a la señal del canal 1 (se obtiene un valor máximo en canal 2), o desfasada al valor pico de la señal del canal 1 (valor mínimo como se visualiza en canal 2) como se muestra en la Figura 10, si el resultado obtenido es valor mínimo respecto a la señal de alimentación, entonces el canal analógico que la está leyendo será la terminal positiva de la bobina (por la ley de Lenz).

Esta etapa de detección de polaridad se encuentra en etapa de pruebas, muchas de ellas de forma aún manual, tanto para los motores de 6, 9 y 12 terminales; a los motores de 6 terminales que se les realizaron pruebas fueron un total de 10, todos ellos de características similares.



Figura 8 Motor trifásico de 1.1KW, 6 terminales
Fuente: Fuente Propia



Figura 9 Resultado obtenido de la identificación realizada
Fuente: Fuente Propia

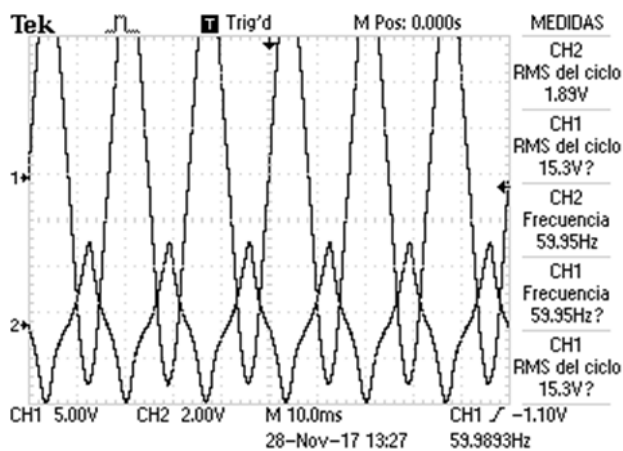


Figura 10 Señal de canal 2 invertida 180° respecto a 1
Fuente: Fuente Propia

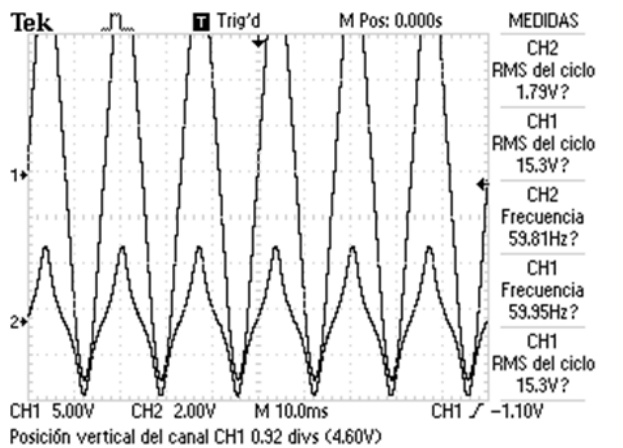


Figura 11 Señal de canal 2 sin desfase respecto a señal en canal 1
Fuente: Fuente Propia

Con la polaridad identificada, el sistema obtiene como punto final la tabla 1.

Conexión identificada en el equipo	Número de terminal correspondiente para el motor
1	W1
6	W2
5	V1
2	V2
4	U1
3	U2

Tabla 1 Identificación final del motor de 6 terminales
Fuente: Fuente Propia

Para un motor con 9 terminales, el procedimiento es similar al de 6 terminales, con la diferencia que en el programa se cambia a una secuencia diferente de identificación, como se muestra en la Figura 12, se tiene un motor asíncrono trifásico jaula de ardilla, con este tipo de motores, se realizó la prueba de identificación en 10 equipos. Los resultados obtenidos para la polaridad correspondiente hacia las bobinas del motor analizado, se muestran en la tabla 2, esta etapa, como sucede con los motores de 6 y 12 terminales, se encuentra en etapa de pruebas, aún con varias de forma manual.



Figura 12 Motor de 9 terminales a 300W
Fuente: Fuente Propia

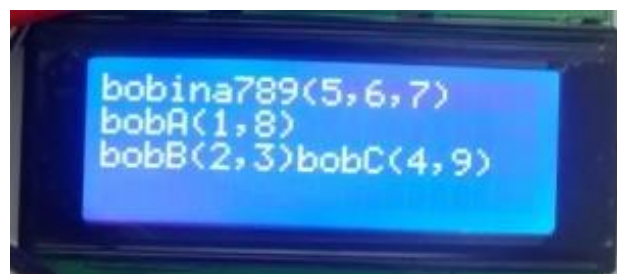


Figura 13 Resultado obtenido de la prueba realizada a un motor de 9 terminales
Fuente: Fuente Propia

Conexión identificada en el equipo	Número de terminal correspondiente para el motor
5	7
1	1
8	4
6	8
2	2
3	5
7	9
4	6
9	3

Tabla 2 Identificación de terminales del Motor 9 terminales en pruebas
Fuente: Fuente Propia

Para motores trifásicos, donde se cuenta con las 12 terminales expuestas, como se muestra en la Figura 13, se realizaron pruebas en 6 motores con características similares al presentado en la Figura 14 y se logró como resultado, una respuesta en la ubicación correcta de las terminales, como se muestra en la Figura 15.



Figura 14 Motor trifásico de 1KW de 12 terminales
 Fuente: Fuente Propia



Figura 15 Resultado obtenido de las pruebas en un motor 12 terminales
 Fuente: Fuente Propia

Conexión identificada en el equipo	Número de terminal correspondiente para el motor
1	1
2	4
3	7
8	10
4	2
5	5
11	8
12	11
6	3
7	6
9	9
10	12

Tabla 3 Identificación final de las terminales del motor de 12 terminales
 Fuente: Fuente Propia

Resultados

Hasta este momento, se ha logrado identificar las terminales en motores de 6, 9 y 12 terminales de forma satisfactoria, la identificación correcta de la polaridad se encuentra en etapa de pruebas, ya que se ha presentado impulsos en corriente en el momento de conmutar de la señal de voltaje para alimentación de la potencia a la lectura de los canales analógicas, generando un daño físico hacia los canales analógicos al momento del cambio, lo cual se ha controlado al realizar un retraso en el cambio de posición de relevador antes de la activación del voltaje de excitación.

Hasta el momento el sistema se encuentra en su forma de prototipo integrando la detección de pares y se continúa con pruebas para solucionar el problema presentado en la detección de polaridad en los motores. Se propone el diseño del gabinete como se muestra en la Figura 16, donde se ubica algunos de los elementos que componen al sistema de detección de terminales de los 3 diferentes tipos de motores.

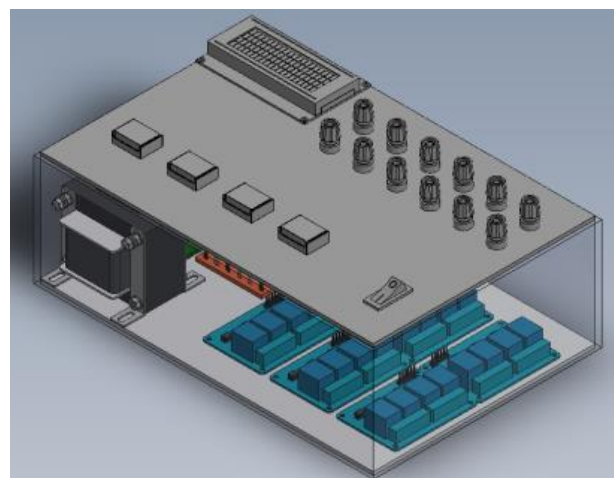


Figura 16 Posición de pantalla, bornes, botones pulsadores y encendido
 Fuente: Fuente Propia

Conclusiones

Hasta este momento se encuentra en pruebas el sistema, pero como se muestran en los resultados, se encuentra que es viable el diseño del equipo que permite resolver la identificación de las terminales, con ello se reducen los riesgos que se presenta con voltajes altos hacia el operador cuando realiza esta identificación de forma manual y la cual se lleva en promedio de 10 a 15 minutos.

El costo de fabricación es relativamente bajo, el tiempo de identificación automática depende de la posición de las terminales al momento de ejecutar el programa, el tiempo en promedio que se lleva en la identificación es de 3 a 5 segundos aproximadamente, pero se puede reducir cuando se tenga la detección de polaridad integrada en el sistema, para la etapa de detección de polaridad aún o se tiene un estimado de tiempo pues continua en pruebas para integrarlo de forma definitiva al sistema automático.

Referencias

- 1-2011, A. M. (9 de 12 de 2012). *American Electrical Manufacturers Association*. Obtenido de <https://law.resource.org/pub/in/bis/S05/is/iec60034.8.2002.pdf>
- Abraham S. Fontes, C. A. (26 de Junio de 2017). Comparison of techniques based on current signature analysis to fault detection and diagnosis in induction electrical motors. *Electrical Engineering Conference (EECon)*, *Electronic ISBN: 978-1-5090-5395-7*, 74-79.
- Angelosante, D., Fagiano, L., Grasso, F., & Ragaini, E. (26 de Octubre de 2017). Motor parameters estimation from industrial electrical measurements. *2017 25th European Signal Processing Conference (EUSIPCO)*(Electronic ISSN: 2076-1465), 1006 - 1010.
- Arduino. (s.f.). *Arduino*. Recuperado el 10 de Mayo de 2016, de <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega>
- Arduino. (s.f.). *Arduino Mega Schematic*. Recuperado el 11 de 5 de 2016, de <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega>
- BradleysMotors. (15 de 09 de 2015). *BradleysMotors*. Obtenido de http://bradleymotors.com/PDFs/Terminal_Markings_and_Motor_Connections.pdf
- Caird, K. J. (2009). *Patente n° EP 2 204 658 A1*. Smyrna GA.
- Chapman, S. J. (2005). *Electric machinery fundamentals, Fourth edition*. México D.F.: The McGraw Hill Companies, Inc.
- Chapman, S. J. (2012). Motores de Inducción. En *Máquinas Eléctricas* (pág. 512). British Aerospace Australia: Mc Graw Hill.
- Electronic Components Datasheet Search*. (s.f.). Recuperado el 5 de 5 de 2017, de <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/10223/NTE/NTE3047.html>
- Electronic Components Datasheet Search*. (s.f.). Recuperado el 2 de 5 de 2017, de *Electronic Components Datasheet Search*
- Fluke. (21 de 9 de 2015). *Support Fluke*. Obtenido de <http://www.fluke.com/fluke/uses/Portable-Oscilloscopes/Fluke-120.htm?PID=55999>
- Fornage, M. (2009). *Patente n° EP 2 101 403 A2*. Petaluma CA.
- Fuke. (21 de 9 de 2015). *Support Fluke*. Obtenido de http://support.fluke.com/find-sales/Download/Asset/2517897_6003_ENG_B_W.PDF
- IEC. (s.f.). *IEC International Electrotechnical Commission*. Recuperado el 18 de Enero de 2018, de <http://www.iec.ch/about/?ref=menu>
- Malinowski, J., McElveen, R., & Korkeakoski, J. (7 de Nov de 2013). Electrical and mechanical differences between NEMA and IEC AC low voltage random wound induction motors. (IEEE, Ed.) *Pulp and Paper Industry Technical Conference (PPIC), Conference Record of 2013 Annual IEEE*(ISSN: 0190-2172), 1-10.
- Motors, H. E. (15 de 09 de 2015). <http://hupp-electric.com/>. Obtenido de *NEMAConnections-Diagrams%20.pdf*
- Nandi, S., Toliyat, H. A., & Li, X. (5 de Diciembre de 2005). Condition monitoring and fault diagnosis of electrical motors-a review. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, *20*(Electronic ISSN: 1558-0059), 719-729.
- NEMA. (s.f.). *NEMA National Electrical Manufacturers Association, The Association of Electrical Equipment and Medical Imaging Manufacturers*. Recuperado el 18 de Enero de 2018, de <https://www.nema.org/International/Pages/NEMA-en-Mexico.aspx>

Odawara, S., & Fujisaki, K. (7 de Noviembre de 2017). Local magnetic characteristics of electrical motor core by magnetic hysteresis analysis with inverter excitation. *Linear Drives for Industry Applications (LDIA), 2017 11th International Symposium on*(Electronic ISBN: 978-4-88686-400-0), 1-4.

Oliveira, B. C., Pacheco, A. L., Flesch, R. C., & Demay, M. B. (9 de Marzo de 2017). Detection of defects in the manufacturing of electric motor stators using vision systems: Electrical connectors. *Industry Applications (INDUSCON), 2016 12th IEEE International Conference on*(Electronic ISBN: 978-1-5090-5127-4), 1-6.

Peter, I., Scutaru, G., & Nistor, C. G. (10 de Julio de 2014). Manufacturing of asynchronous motors with squirrel cage rotor, included in the premium efficiency category IE3, at S.C. Electroprecizia Electrical-Motors S.R.L. Săcele. *2014 International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment (OPTIM)*(Electronic ISBN: 978-1-4799-5183-3), 421-425.

Piesinger, G. H. (2006). *Patente n° 7031859*. E. Saguaro Vista CT. Cave Greek AZ.

Pommatto., L. A. (1996). *Patente n° 005510700*. Santa Ana CA.

Ramana, D. V., & Baskar, S. (9 de Marzo de 2016). Diverse fault detection techniques of three-phase induction motor — A review. *Emerging Technological Trends (ICETT), International Conference on*(ISBN: 978-1-5090-3751-3), 1-8.

Real Academia de la Lengua Española. (s.f.). Recuperado el 2014, de <http://rae.es>.

Resource, P. (18 de Sept de 2015). *publicresource.org*. Obtenido de <https://law.resource.org/pub/in/bis/S05/is.iec.60034.8.2002.pdf>

Science, R. S. (s.f.). *Rutgers School of arts and Science*. (Physics and Astronomy) Recuperado el 27 de Julio de 2015, de <http://www.physics.rutgers.edu/>

Selahattin Güçlü, A. Ü. (23 de Junio de 2018). Vibration analysis of induction motors with unbalanced loads. (IEEE, Ed.) *Electrical and Electronics Engineering (ELECO), 2017 10th International Conference on*, 365 - 369.

SKF. (s.f.). Recuperado el 10 de 3 de 2015, de <http://www.skf.com/cl/products/condition-monitoring/portables-data-collectors-and-analyzers/electric-motor-analyzers/static-motor-analyzers/baker-dx/index.html>

STANDARD, B. (21 de 9 de 2015). *Terminal markings for electrical machinery and apparatus*. (bsi-global) Obtenido de <http://www.bsi-global.com/bsonline>.

Udomsuk, S., Areerak, K., Areerak, T., & Areerak, K. (23 de Oct de 2017). Power loss identification of three-phase induction motor using adaptive tabu search. *Electrical Engineering Congress (iEECON), 2017 International*(ISBN: 978-1-5090-4666-9), 1-4.

Vico, J., & Hunt, R. (20 de Mayo de 2010). Protection principles for electrical motors in the cement industry. *2010 IEEE-IAS/PCA 52nd Cement Industry Technical Conference*(Electronic ISBN: 978-1-4244-6409-8), 1-13.

Sistema de enfriamiento y limpieza para mejorar la eficiencia en paneles fotovoltaicos en la Zona Sur de Veracruz

Cooling and cleaning system to improve efficiency in photovoltaic panels in the southern area of Veracruz

GARRIDO-MELÉNDEZ, Javier†*, REYNA-GUERRA, Pablo, ESCOBEDO-TRUJILLO, Beatris y FLORES-MARTINEZ, Eladio

Universidad Veracruzana

Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz

ID 1^{er} Autor: *Javier, Garrido-Meléndez* / ORC ID: 0000-0001-9143-408X, Researcher ID Thomson: C-9373-2018, Scopus ID: 1270047, CVU CONACYT ID: 101615

ID 1^{er} Coautor: *Pablo, Reyna-Guerra* / ORC ID: 0000-0002-2155-9458, Researcher ID Thomson: S-8620-2018, CVU CONACYT-ID: 364262

ID 2^{do} Coautor: *Beatris, Escobedo-Trujillo* / ORC ID: 000-0002-8937-3019, Scopus ID: 54417142300, CVU CONACYT ID: 173174

ID 3^{er} Coautor: *Eladio, Flores-Martínez* / ORC ID: 0000-0002-9606-3596, Researcher ID Thomson: T-2422-2018, CVU CONACYT ID: 649791

Recibido Junio 20, 2018; Aceptado Septiembre 30, 2018

Resumen

La eficiencia de los paneles fotovoltaicos (PF) se reduce por diferentes factores como temperatura, polvo, arena, ubicación y ángulo de inclinación al momento de su instalación; el viento y la lluvia enfrían y limpian los PF de forma natural, pero cuando esto no es suficiente la eficiencia de los paneles se reduce. El objetivo principal del presente trabajo es diseñar y verificar un Sistema de Enfriamiento y Limpieza (SEL) a través del bombeo de agua por periodos cortos de tiempo con el fin de mejorar la eficiencia en los PF, este sistema se accionara cuando se alcancen temperaturas mayores a 32 °C en la superficie de los PF. Cabe mencionar que para las pruebas experimentales del SEL se utilizaron 14 PF con una potencia total de 3500 W, se analizaron los datos de irradiancia y temperatura ambiente de los últimos 4 años, para determinar la Potencia de salida y las pérdidas de eficiencia debido a la temperatura de forma teórica y comprobar la viabilidad del proyecto. Con la implementación del sistema de enfriamiento y limpieza se logró una mejora en la eficiencia del 14 % en comparación con de los PF donde no se utilizó el sistema de enfriamiento.

Panel, Eficiencia, Enfriamiento

Abstract

The efficiency of photovoltaic panels (PF) is reduced by different factors such as temperature, dust, sand, location and angle of installation; the wind and rain clean and cool panels in a natural way, but when this is not enough the efficiency of the panels is reduced. This work presents a cooling and cleaning system (CCS) through the pumping of water for short periods of time in order to improve efficiency, this system is actuated when temperatures are reached higher than 32 °c on the surface of the PF. It should be mentioned that for the CCS experimental tests, 14 PF were used with a total power of 3500 W, irradiation and ambient temperature data for the last 4 years were analyzed to determine output power and efficiency losses due to temperature theoretically and prove the feasibility of the project. With the implementation of the cooling and cleaning system achieved a 14% improvement in efficiency compared to PF where the cooling system was not used.

Panel, Efficiency, Cooling

Citación: GARRIDO-MELÉNDEZ, Javier, REYNA-GUERRA, Pablo, ESCOBEDO-TRUJILLO, Beatris y FLORES-MARTINEZ, Eladio. Sistema de enfriamiento y limpieza para mejorar la eficiencia en paneles fotovoltaicos en la Zona Sur de Veracruz. Revista de Ingeniería Eléctrica. 2018. 2-6: 9-15.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: (jgarrido@uv.mx)

Introducción

En el campus de la Universidad Veracruzana localizada en la ciudad de Coatzacoalcos en el estado Veracruz, México, Paneles Fotovoltaicos (PF) para la generación de energía eléctrica, ya que por su latitud y altitud se tiene una irradiación hora solar pico (HSP) de 4.87 kW/m²/día, una temperatura promedio de 29.24 °C, y se presentan en promedio 50 frentes fríos al año, los cuales arrastran grandes cantidades de arena de playa hacia dentro de la ciudad.

Actualmente los PF más eficientes tienen un porcentaje del 22.5 % pero los PF comerciales están dentro del rango de 14 al 16 %, y si se le suma que la eficiencia se reduce debido a diversos factores: ángulo de instalación, sombra generada por los edificios donde se instalan, temperatura y suciedad en la superficie de los PF; con este trabajo se trata de reducir las pérdidas de eficiencia en los PF debido a la temperatura y la suciedad en la superficie de los PF.

Existen trabajos que demuestran que la temperatura de los PF genera una reducción de un 0.38% por cada °C (Melis et al., 2014), la temperatura ambiente en la ciudad de Coatzacoalcos es de 29° a 40° C alcanzando temperaturas en la superficie del PF de 35° a 45° C, generando que la eficiencia de estos se reduzca.

Existen diversos trabajos para mejorar la eficiencia de los PF debido a la temperatura (Bahaidarah, 2015), (Prudhvi Y Sai, 2012) y (Santos et al., 2017) a través de enfriamiento por convección forzada de aire, por recirculación de agua con una bomba RAM y una bomba tipo tesla.

Otros trabajos (Zorrilla-Casanova et al., 2011), (Nahar & Gupta, 1990), (Cabanillas & Munguía, 2011) muestran que la eficiencia de los PF se reduce en 22 %, 12.78 % y 12.4 %, mientras más suciedad se acumula en la superficie de los PF, los factores a tomar en cuenta son el tipo de suciedad debido a la ubicación geográfica donde se instalan y el tiempo en que tardan en limpiarse.

En este trabajo, se calcula la eficiencia a 40° C, en la superficie de los PF, que es la temperatura a la cual se llevan a cabo los experimentos y se mide la pérdida de eficiencia debido a la arena acumulada en una semana en la superficie del mismo, se diseña y construye el sistema de enfriamiento y limpieza, se realizan las mediciones para comprobar el funcionamiento del sistema, se midió la potencia consumida por la bomba para seleccionar la temperatura de referencia en la cual es factible que el sistema de enfriamiento se inicie.

Eficiencia de los PF

Para determinar si es viable construir un sistema de enfriamiento, el primer paso es calcular la eficiencia del PF y determinar la pérdida de potencia debido al incremento de temperatura en el lugar donde se pretende instalar, para realizar lo anterior, es necesario conocer la radiación solar que recibe la superficie del PF, para lo cual se utilizan las siguientes formulas:

$$I_{tt} = I_b R_b + I_d R_d + I_\rho R_r \quad (1)$$

$$R_b = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z}, \quad I_b = 0.34 \times I_h \quad (2)$$

$$R_d = \frac{1 + \cos \beta}{2}, \quad I_d = 0.66 \times I_h \quad (3)$$

$$R_r = \frac{1 - \cos \beta}{2}, \quad I_\rho = \rho \times I_h \quad (4)$$

Dónde: I_{tt} es la irradiación solar total en la superficie inclinada durante una hora (Wh/m²), I_b, I_d e I_ρ , son la radiación directa, difusa y reflejada en la superficie horizontal, R_b, R_d y R_r , son las constantes de radiación solar directa, difusa y reflejada sobre la superficie inclinada respectivamente (Wh/m²), θ es el ángulo de incidencia (rad), θ_z es el ángulo cenital (rad), ρ es el valor de la reflectancia terrestre, β es el ángulo del panel solar con respecto a la horizontal (rad) e I_h la irradiación solar total por hora sobre una superficie horizontal (W/m²) y cuyo dato se tomó directamente de la base de datos de la NASA, para calcular las variables antes mencionadas se utilizan.

$$\cos \theta = \cos \theta_z \cos \beta + \sin \theta_z \sin \beta \cos \alpha \quad (5)$$

$$\alpha = \text{sign}(\omega) \left[\cos^{-1} \left(\frac{\cos \theta_z \sin \varphi - \sin \delta}{\sin \theta_z \cos \phi} \right) \right] \quad (6)$$

$$\cos \theta_z = \cos \phi \cos \delta \cos \omega + \sin \phi \sin \delta \quad (7)$$

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left[360 \left(\frac{284 + nj}{365} \right) \right] \quad (8)$$

$$\omega = \frac{360(12-t)}{24} \quad (9)$$

Dónde: α es el ángulo de azimut solar (rad), ω es el ángulo horario (rad), ϕ es el ángulo de latitud de la ubicación del PF (rad), δ es el ángulo de declinación solar (rad), nj es la cantidad de días julianos y t es la hora del día en formato decimal (h), para conocer la irradiación solar diaria sobre la superficie inclinada, debemos multiplicar el valor de I_{tt} por las horas de duración del día, η_{PV} es la eficiencia del módulo PF, la cual se puede calcular como:

$$\eta_{PV} = \eta_{ref} [1 - \beta_{ref}(T_c - T_{stc})] \quad (10)$$

$$P_{out} = P_{max} \left(\frac{I_{tt}}{G_{stc}} \right) [1 + \beta_{ref}(T_c - T_{stc})] \quad (11)$$

Donde β_{ref} es el coeficiente de temperatura, T_c es la temperatura de la celda, T_{stc} , Temperatura de prueba estándar, P_{out} es la potencia de salida del módulo fotovoltaico, P_{max} y G_{stc} es la potencia máxima de la celda e irradiancia de 1 kW/m² en condiciones de prueba estándar respectivamente.

Para el cálculo de la pérdida de potencia se utilizaron los datos del fabricante y datos de estaciones meteorológicas los cuales se muestran en la Tabla 1.

Datos	Valor
Latitud (ϕ)	18.15°
Hora del día en decimal (t)	11.44 h
Insolación horizontal (I_{hor})	345 Wh/m ²
Día Juliano (nj)	285 días
Ángulo con respecto a la horizontal (β)	18°
Reflectancia (ρ)	0.2
Eficiencia de referencia (η_{ref})	14.90 %
Coefficiente de temperatura (β_{ref})	0.43 %
Temperatura estándar (T_{stc})	25 °C
Irradiación estándar (G_{stc})	1000 W/m ²
Número de PF utilizados	7
Potencia Máxima (P_{max})	250 W _p
Corriente de cortocircuito (ISC)	8.28 A
Tensión de circuito abierto (VOC)	37.8 V
Punto de máxima potencia (PM)	31.1 V

Tabla 1 Datos de referencia para calcular la eficiencia de los PF

Fuente: *Elaboración Propia*

En base a las mediciones realizadas los PF alcanzan una temperatura de 40.51 °C, los PF en condiciones estándares tienen una eficiencia del 14.90% a 25 °C debido al incremento de temperatura su eficiencia baja a 13.21 %. Este porcentaje de pérdida de eficiencia se refleja en la potencia de salida como se muestra en la tabla 2 la cual que tiene una pérdida de 944 W/día y los valores obtenidos a partir de las ecuaciones (1) al (11).

Datos	Valor
Latitud (ϕ)	18 °
Grados solares	
δ	-8.48°
ω	-22.50°
θ_z	34.68°
h	55.32°
α	-41.70°
θ	24.02°
Radiación Solar	
Rb	1.11
Rd	0.98
Rr	0.02
Radiaciones	
I_d	227.7 Wh/m ²
I_b	117.3 Wh/m ²
I_p	69 Wh/m ²
Irradiación Solar Total Reflejada	
I_{till}	354.10 Wh/m ²
Temperatura de la celda Solar	
T_c	40.51 °C
η por pérdidas de temperatura	
η_{pv}	13.91%
Potencia de Salida a diferentes temperaturas	
P_{out} a 25 °C	1239.34 W
P_{out} a 46 °C	1156.7 W
Pérdidas de potencia por día	944 W/día

Tabla 2 Resultados de la pérdida de potencia debido a la temperatura del PF

Fuente: *Elaboración Propia*

Metodología

En Universidad Veracruzana campus Coatzacoalcos se instaló un sistema fotovoltaico, el cual consiste en 14 PF con una potencia total de 3500 W, se conectaron en 2 circuitos en serie de 7 paneles cada uno, generando un voltaje de 220 V de CD, se conectaron aun inversor Blueplanet 3502xi-US, el inversor se conectó a la red eléctrica a dos fases de 220 V de CA, como se muestra en la figura 1 y 2.

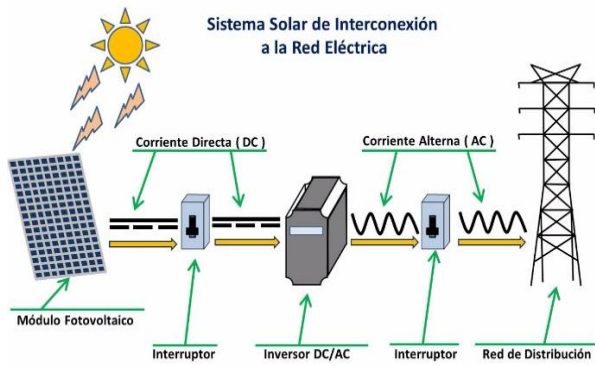


Figura 1 Sistema interconectado a la red
Fuente: Elaboración Propia.



Figura 2 Sistema fotovoltaico en la facultad de ingeniería UV Campus Coatzacoalcos
Fuente: Elaboración Propia

Para realizar el estudio que se presenta en este trabajo a uno de los circuitos se le instaló el SEL (7 paneles fríos) y se comparó contra el otro circuito sin el SEL (7 paneles calientes).

Sistema de Enfriamiento y Limpieza (SEL)

El SEL, consiste en la recirculación de agua mediante el uso de una bomba, la cual genera una cortina de agua en la parte superior de los paneles que tienen una inclinación de 18° , lo que provoca que el agua escurra por gravedad a través de ellos enfriándolos y limpiándolos y se recolecta mediante tuberías y la retornan a un tanque de almacenamiento que cuenta con un sistema de filtración.

Funcionamiento del SEL

El SEL se activa cuando las celdas estén por arriba de 35°C , se enciende 24 segundos (40%) y 36 segundos (60%) se mantiene apagado, y se termina el ciclo cuando la superficie del PF llega a 35°C .

El SEL también se activa a las 7:00 y 13:00 horas una duración de dos minutos independiente de la temperatura de los PF, con el objetivo de limpiarlos cuando existan frentes fríos y se llenen de polvo la superficie de los PF. En la fig. 3.a) se muestra el diseño del SEL y la fig. 3.b) muestra la vista lateral donde se aprecia el recipiente de almacenamiento y la bomba, en la fig. 4 se muestra el SEL instalado en los PF.

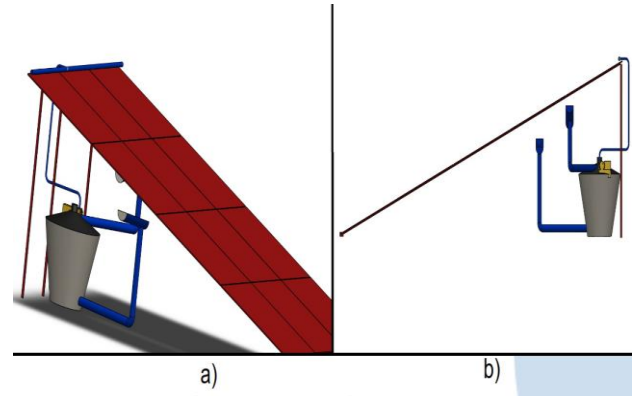


Figura 3 Sistema de enfriamiento y limpieza SEL
Fuente: Elaboración Propia



Figura 4 SEL instalado sobre la superficie de los PF de la Universidad Veracruzana.
Fuente: Elaboración Propia

Resultados

Para determinar las pérdidas de eficiencia debido a la suciedad en la superficie del PF se midió de manera experimental la potencia cuando está limpio y se dejó quince días sin limpiarlo acumulándose arena y polvo en la superficie, se midió la potencia y se compararon las mediciones observando una reducción en la potencia del 17 %.

Se utilizó un adquisidor de datos Agilent modelo 34972, un analizador de redes de la marca Fluke modelo 335 para hacer las mediciones de potencia de salida y para medir las variables de temperatura ambiente y de la superficie de los PF se utilizaron termopares tipo K.

Con los equipos e instrumentos instalados se midieron y registraron los voltajes, corrientes en CD y CA, las temperaturas en varios puntos de los paneles fríos (con SEL) y paneles calientes (sin SEL), para después realizar las comparaciones éntrelos paneles. En la figura 5 se muestran los equipos e instrumentación utilizada.



Figura 5 Sistema de Adquisición de datos
Fuente: Elaboración Propia

Comparaciones entre paneles

También, se utilizó una cámara termográfica, esto con el fin de apreciar la reducción de temperatura de los PF con el sistema de enfriamiento y sin el sistema de enfriamiento fotovoltaico. En la figura 6 se muestran los valores obtenidos de forma experimental.

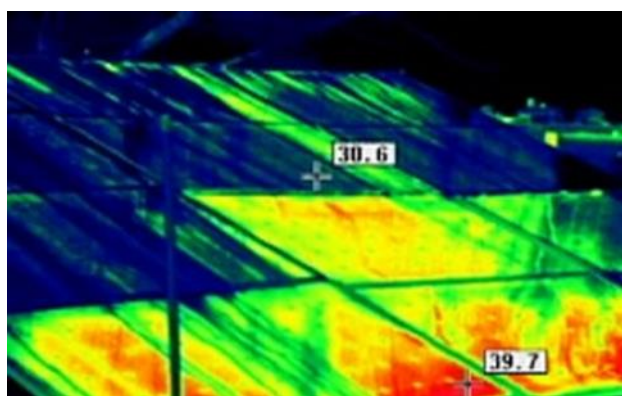


Figura 6 Imagen de una Cámara termográfica en la superficie de los PF
Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico 1 y 2, se comparan las temperaturas y corrientes, cuando los paneles se enfrían y tienen partículas de arena en su superficie, Se puede observar como la temperatura se reduce cuando el SEL empieza a funcionar, y la corriente aumenta cuando los paneles se enfrían.

Ganancia, Se logró una mejora del 239 Wh con respecto al panel caliente como se muestra en la tabla tomando en cuenta el consumo de potencia de la bomba que sirve para limpieza y enfriamiento de los mismos. En tabla 3 se compara la potencia de salida de los paneles con el SEL y sin el SEL.

Dato	Resultados
P_{out} de los paneles fríos	1.374 KWh
P_{out} de los paneles calientes	1.135 KWh
Diferencia	0.239 KWh

Tabla 3 Potencia de Salida de los paneles fríos y calientes
Fuente: Elaboración Propia

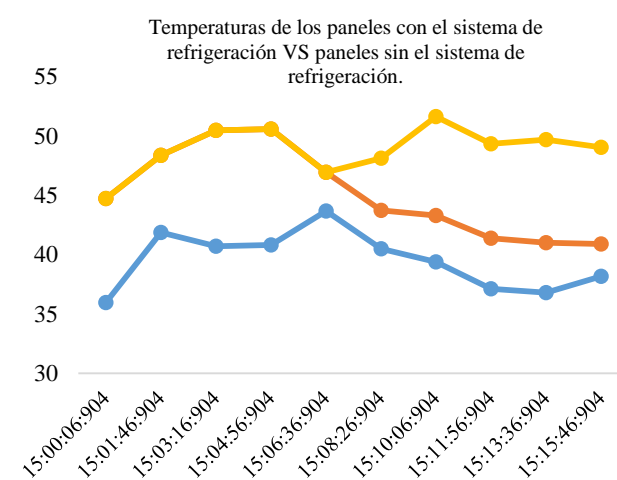


Gráfico 1 Comparación de la temperatura ambiente de los PF frío vs PF caliente
Fuente: Elaboración Propia

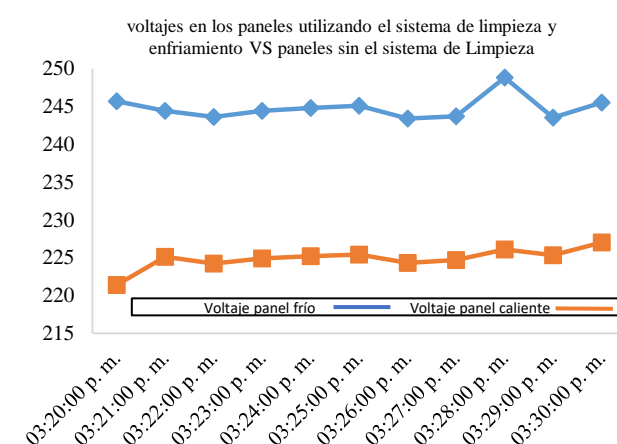


Gráfico 2 Comparación de los voltajes de los PF con el SEL vs sin el SEL instalado
Fuente: Elaboración Propia

Agradecimiento

Agradecemos a PRODEP por el financiamiento a través del proyecto UV-PTC-853 y la colaboración entre grupos de investigación CA-UV-466, UTSEV-CA-5 y al Ing. Enrique Guzmán Recino por su ayuda en la realización de este proyecto.

Conclusiones

Mediante esta metodología que consiste en un Sistema de Enfriamiento y Limpieza sencillo y económico, se logró una mejora en la eficiencia del 14 % en los PF, resultado obtenido de la comparación con los PF donde no se utilizó el sistema de enfriamiento. Se comprobó que la variable que más afecta en la reducción de la eficiencia de los paneles es la suciedad que en este caso es la arena de la playa que se acumula en la superficie del PF, además existe una disminución de la temperatura mediante el enfriamiento por una cortina de agua, lo que reduce las pérdidas de eficiencia.

Referencias

Bahaidarah, H. M. S. (2015). Experimental performance investigation of uniform and non-uniform cooling techniques for photovoltaic systems. Paper presented at the 2015 IEEE 42nd Photovoltaic Specialist Conference (PVSC).

Cabanillas, R. E., & Munguía, H. (2011). Dust accumulation effect on efficiency of Si photovoltaic modules. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 3(4), 043114.

Colt, G. (2016). Performance evaluation of a PV panel by rear surface water active cooling. Paper presented at the 2016 International Conference on Applied and Theoretical Electricity (ICATE).

Hee, J. Y., Kumar, L. V., Danner, A. J., Yang, H., & Bhatia, C. S. (2012). The Effect of Dust on Transmission and Self-cleaning Property of Solar Panels. *Energy Procedia*, 15, 421-427.

Melis, W. J. C., Mallick, S. K., & Relf, P. (2014). Increasing solar panel efficiency in a sustainable manner. Paper presented at the 2014 IEEE International Energy Conference (ENERGYCON).

Nahar, N. M., & Gupta, J. P. (1990). Effect of dust on transmittance of glazing materials for solar collectors under arid zone conditions of India. *Solar & Wind Technology*, 7(2), 237-243.

Okoye, C. O., & Solyali, O. (2017). Optimal sizing of stand-alone photovoltaic systems in residential buildings. *Energy*, 126, 573-584.

Prudhvi, P., & Sai, P. C. (2012). Efficiency improvement of solar PV panels using active cooling. Paper presented at the 2012 11th International Conference on Environment and Electrical Engineering

Santos, L. M., Alves, A. J., Matias, C. A., & Calixto, W. P. (2017). Studies for the efficiency of a water pumping system for cooling and improving the electrical efficiency of photovoltaic panels. Paper presented at the 2017 18th International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE).

Zorrilla-Casanova, J., Philiouline, M., Carretero, J., Bernaola, P., Carpena, P., Mora, L., Sidrach-de-Cardona, M. (2011). Analysis of Dust Losses in Photovoltaic Modules. Paper presented at the World Renewable Energy Congress - Sweden; 8-13 May; 2011; Linköping; Sweden.

Control de descarga de voltaje en baterías para una máquina de retribución inversa alimentada por paneles solares

Voltage discharge control on batteries for a reverse vending machine powered by photovoltaic panels

GARCIA-HERNANDEZ, Martín^{†*}, MEZA-ESPINOSA, José Juan, MANRIQUE-EK, Josué Abraham y CARDOZO-AGUILAR, Guadalupe

*MoviGoTech - DCIyDT, Centro Universitario de Tonalá
 Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería, Universidad de Guadalajara*

ID 1er Autor: *Martín, Garcia-Hernandez* / **ORC ID:** 0000-0003-4500-9175, **Researcher ID Thomson:** I-6919-2018

ID 1er Coautor: *José Juan, Meza-Espinosa* / **ORC ID:** 0000-0002-8652-9727, **arXiv Author ID:** VTUWDP-HPP717

ID 2do Coautor: *Josué Abraham, Manrique-Ek* / **ORC ID:** 0000-0002-1369-35269727, **Researcher ID Thomson:** I-5873-2018, **arXiv Author ID:** EFYDCI-9MW4UV

ID 3er Coautor: *Guadalupe, Cardozo-Aguilar* / **ORC ID:** 0000-0001-80332280, **Researcher ID Thomson:** I-5874-2018, **arXiv Author ID:** TLTSYW-VLXBVS

Recibido Junio 27, 2018; Aceptado Septiembre 30, 2018

Resumen

En este artículo, se muestra un sistema simple de control de descarga de voltaje en baterías y su integración en una máquina de retribución inversa. El control de voltaje está diseñado para no descargar las baterías y minimizar la cantidad de energía para soportar la operación de todos los sensores y actuadores dentro de la máquina. De igual manera, se hace un análisis de los consumos de potencia para cada elemento que consume energía a fin de comparar las potencias individuales para el ahorro de energía en la batería del sistema de la máquina. En las gráficas se muestra una comparación de las curvas de carga y descarga para el mejor suministro de energía y el diagrama a bloques completo del sistema de control de voltaje. Presentamos los resultados obtenidos de las descargas con el control y sin el control. Describiendo las curvas de la carga y descarga donde se aprecian varios factores tales como la estabilización de la carga y descarga. También hacemos la descripción la máquina operativa para dirigir la corriente alimentada por paneles solares.

Control de descarga de voltaje, Máquina de retribución inversa, Estimación de carga y descarga

Abstract

In this paper, we show a simple voltage discharge control system in battery and their integration on a reverse vending machine. The voltage control is designed to not discharge the batteries and use the minimum energy to support the operation of all sensors and actuators inside the machine. Likewise, an analysis of the power consumption for each element that consumes energy is made in order to compare the individual powers for the energy saving in the battery of the vending machine system. In the graphs the comparison of the curves of loading and unloading for the best power supply with its complete block diagram of the voltage control system. We present the results obtained of discharges with the control and without the control and we describe the curves of the loading and unloading where several factors are appreciated such as the stabilization of the loading and unloading and we describe the operative machine to direct current powered by solar panels.

Voltage discharge control, Reverse vending machine, Charging and discharging estimation

Citación: GARCIA-HERNANDEZ, Martín, MEZA-ESPINOSA, José Juan, MANRIQUE-EK, Josué Abraham y CARDOZO-AGUILAR, Guadalupe. Control de descarga de voltaje en baterías para una máquina de retribución inversa alimentada por paneles solares. Revista de Ingeniería Eléctrica. 2018. 2-6: 16-21.

[†] Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: (martino@asosu.com.mx)

Introducción

Recientemente, varias propuestas han surgido para la fabricación de nuevas máquinas de reciclaje, desde las que consideran la recolección de residuos sólidos urbanos (RSU) reciclables implementando procesos clásicos y bien conocidos, hasta el reciclado centrado en el diseño de máquinas eléctricas tomando en cuenta el reciclado de sus componentes; ver Ching (1993) y Alatalo (2011). En cuanto a almacenamiento de energía, Bass (2016) ha realizado estudios de sistemas para un determinado nivel de penetración fotovoltaica mediante la gestión de la potencia de alimentación y la caída de tensión a lo largo de la longitud del alimentador.

En la misma dirección, Qui (2016) presenta el desarrollo de circuitos de alta eficiencia en dos alternativas de operación: utilizando un sistema de balance fotovoltaico y Liu (2014) propone una estrategia de control para un sistema fotovoltaico construido a partir de la relación dinámica del voltaje del panel y la corriente de la batería. Por último podemos encontrar propuestas como Balram (2016) donde el enfoque es un control predictivo basado en un modelo y por lo tanto, regular la tensión en los sistemas de energía almacenada en la batería y sistemas muy avanzados y complejos tales como el de Xhaoxin (2016).

En esta perspectiva, implementamos un sistema de control de descarga de voltaje y su integración en una máquina de retribución inversa. Nos enfocamos en el control de la corriente proporcionada por los paneles fotovoltaicos, el almacenamiento en baterías y su integración con los componentes debido a que los actuadores utilizan corriente alterna, es necesario hacer algunos ajustes para asegurar el correcto funcionamiento.

Este artículo está organizado de la siguiente manera. En la sección 2 se presenta una breve introducción a las máquinas de retribución inversa, en la sección 3 presentamos el sistema de control de descarga de voltaje. Los resultados obtenidos para carga y descarga de la batería por medio del sistema de control de voltaje los exponemos en la sección 4, y finalmente las conclusiones son reunidas en la sección 5.

Máquina de Retribución Inversa

En recientes años podemos encontrar patentes relacionadas con máquinas de retribución inversa tales como sistemas de transporte (EE.UU Patente N°: 323842, 2007), sistemas para detectar materiales (Alemania Patente N°: DE102008004479,2009) y (EE.UU Patente N°: NO20083001, 2010), sistemas de cierre y apertura de las máquinas (Alemania Patente N°: DE102010040177, 2012), entre otras. El funcionamiento de estas máquinas es simple: el usuario coloca un objeto para reciclar, la máquina lo recibe, lo transporta a un contenedor para poder reciclarlo y da una retribución, de ahí que se les llame de retribución inversa.

Se diseñó una máquina que tritura y también compacta, además de recibir y validar el objeto a reciclar. Una mini planta de reciclaje impulsada por paneles solares en donde se integra el sistema de control de voltaje, el sistema de control de carga de las baterías y el sistema de control para los actuadores de la máquina. El núcleo de la máquina es el dispositivo de trituración que se puede ver en la figura 2. Este dispositivo es el que tiene el mayor consumo de energía de la máquina como se enlista en la Tabla 1, que enumera los componentes principales y su consumo de potencia.

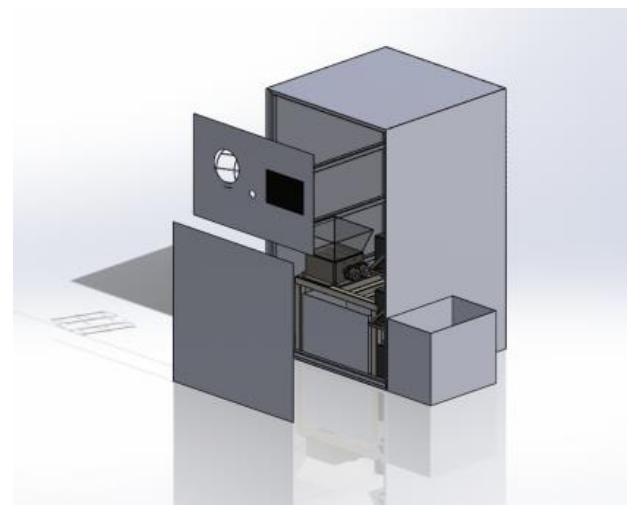


Figura 1 Propuesta de máquina de retribución inversa
 Fuente: Elaboración Propia

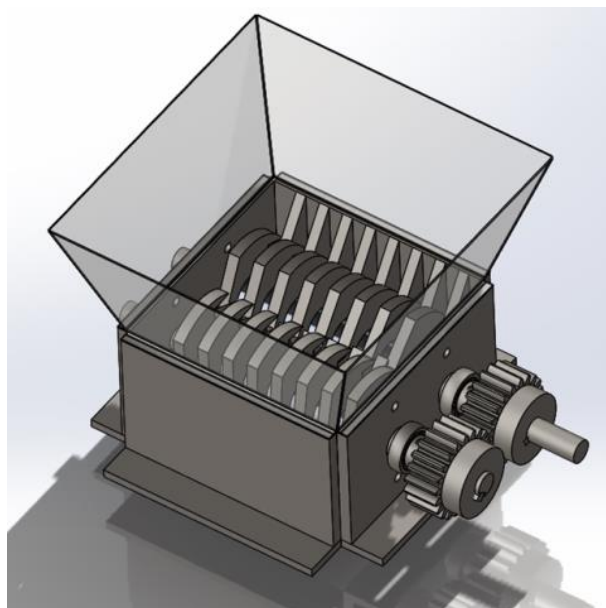


Figura 2 Dispositivo de trituración, su funcionamiento es a 180 W de potencia

Fuente: *Elaboración Propia*

Sistema de Control de Descarga

Para cualquier sistema fotovoltaico aislado que almacena la energía en baterías, es necesario un control de carga para gestionar el llenado de las baterías. Estos controladores de carga simplemente dejan fluir la corriente directamente desde el panel fotovoltaico hacia la batería y van comparando el voltaje que lleva la batería con un umbral predeterminado por los fabricantes. Cuando se ha alcanzado el 90% de la carga, el flujo de la corriente se interrumpe gradualmente hasta completar la carga de la batería. En este punto, el paso de corriente es desactivada por un interruptor.

Esto es el control de carga en un sistema fotovoltaico. En nuestro caso, además de la protección de carga, nos enfocamos en controlar la descarga de la batería y así tener un control completo sobre la corriente que se utiliza, para este caso, en los dispositivos de la máquina. La tabla 1 muestra una relación de los diferentes dispositivos y su consumo en voltajes y potencias.

Componente	Voltaje (V)	Potencia (W)
Panel PC	12	40
PLC	24	28
Sistema de sensores	24	23
Tolerancia extra	20%	18.2
2 Actuadores (motores)	12	360
	Gran total	469.2

Tabla 1 Consumo de los componentes

Fuente: *Elaboración Propia*

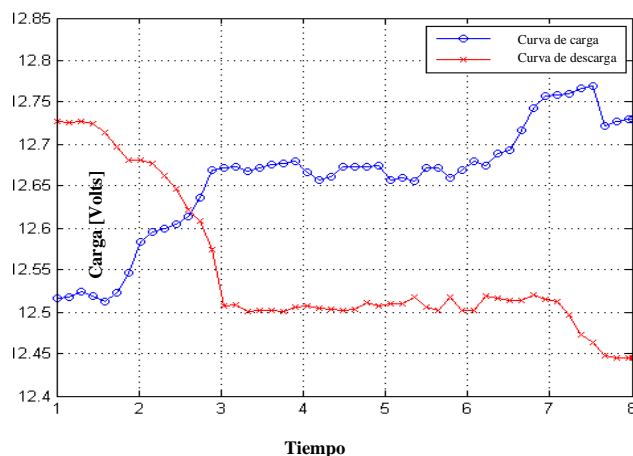


Gráfico 1 Curvas de Carga y Descarga de la batería sin el sistema de control de voltaje

Fuente: *Elaboración Propia*

Estimación de la carga y descarga

De acuerdo a la tabla 1 podemos hacer una simple operación a partir de la ecuación (1) y determinar el consumo total de corriente suponiendo que todos los dispositivos están activos. Tenemos que I es la corriente total, V es el voltaje y P la potencia expresada en Watts:

$$I = \frac{P}{V} \quad (1)$$

Tenemos entonces que los amperios totales son 39.1^a , y si asumimos que disponemos de un espacio limitado para colocar las baterías, únicamente para seis baterías de 12 V con capacidad de 88 Ampere/Hora (AH) estimado a @5Hrs colocadas en un arreglo en paralelo, la capacidad total del arreglo de almacenamiento sería de 528 AH con una autonomía de 13 horas idealmente. Sin embargo, éste es un supuesto hipotético, ya que no se considera la carga y la descarga de las baterías y el hecho de que no se debe de descargar menos del 80% para extender su vida útil y mantener su funcionamiento. Necesitamos estimar una operación de tiempo continuo en horas para los dispositivos.

En el gráfico 1, hemos obtenido las curvas características de carga y de descarga para una batería. En un inicio, la carga aumenta rápidamente y se estabiliza en un punto, alrededor de 12.67V. Igualmente, podemos observar en el gráfico la descarga, ésta comienza a disminuir inmediatamente y alcanza un punto estable.

De acuerdo con las especificaciones de la batería, se completa la carga cuando el voltaje es de 12.51 y está a un 80% cuando el voltaje medido es de 12.51. Con estos datos podemos estimar que un tiempo de operación puede ser de dos horas para esta prueba.

Conmutación de Control de descarga

La idea central del control de descarga es la siguiente: A partir del área estable de la gráfica 1 de carga y descarga (desde la hora 3 hasta la 6), dejar la corriente directa desde el panel fotovoltaico al actuador, a través de un regulador simple y conmutar cuando la tensión en la batería esté abajo del umbral establecido previamente en 12.60 V (ver Gráfico 2).

Esto ocurre solo 0.2 V antes de alcanzar el punto estable en el gráfico de carga de la batería, entonces la carga normal continúa y se repite el proceso cada vez que se pasa al umbral.

En la Figura 3 podemos observar cómo el panel fotovoltaico está conectado a la batería (almacenamiento) por medio de un controlador de carga básico, el bloque en la parte inferior, es el de control de descarga de voltaje y se encuentra conectado al controlador de carga, al panel fotovoltaico y a la carga final, de esta manera conmuta entre conectar y desconectar la batería.

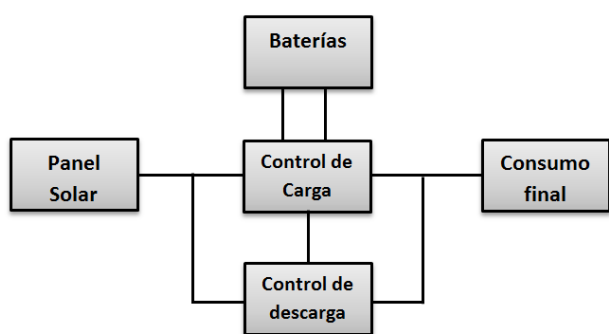


Figura 3 Diagrama de bloques del control de voltaje completo del sistema

Fuente: *Elaboración propia*

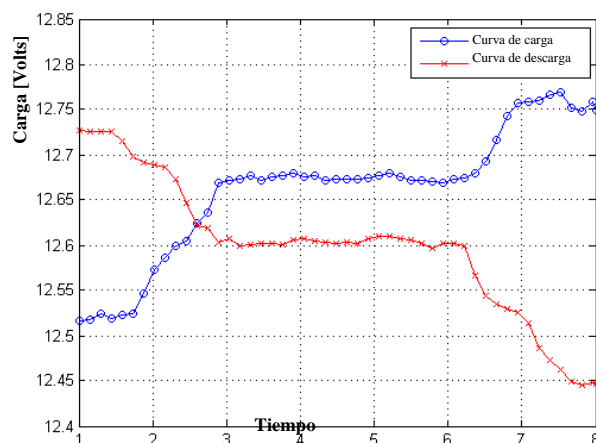


Gráfico 2 Curvas de Carga y Descarga de la batería con sistema de control de descarga de voltaje

Fuente: *Elaboración Propia*

Para probar el sistema de control de descarga por medio de conmutación, asumimos un periodo de trabajo fijo y constante del actuador más importante en términos de consumo de potencia, el dispositivo de trituración, así como un consumo de potencia constante en esta operación. Tomamos medidas nuevamente para la carga y descarga de la batería y obtuvimos los siguientes resultados.

Resultados

Para fines de comparación, se tomaron las mismas medidas del Gráfico 1, en los mismos intervalos de tiempo. En el Gráfico 2, se puede ver el rendimiento nuevamente en ambos gráficos para la carga y descarga ahora con el control de descarga de voltaje. A diferencia de la Gráfico 1, ahora la descarga se suaviza en la primera parte de la figura (horas 1 y 2), y también es evidente en la parte central del gráfico, la estabilización alrededor del 90% de la descarga, 12.6V en comparación con 12.5V de descarga sin control de descarga de voltaje.

En el Gráfico 3, podemos ver la comparación entre la descarga de la batería con el control de descarga de voltaje y únicamente con el controlador de carga. La línea punteada corresponde a un 90% de carga en la batería y es donde, gracias al sistema de descarga la carga medida de la batería no cae por debajo de ese punto, además de que presenta una descarga más uniforme. Este rendimiento se ve claramente en la parte central de los gráficos 2 y 3.

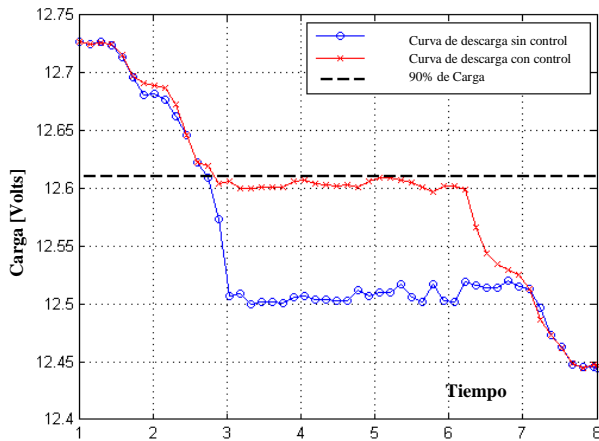


Gráfico 3 Curvas de descarga de la batería con sistema de control de descarga de voltaje y sin sistema de control
Fuente: *Elaboración Propia*

El sistema de control de descarga de voltaje no sólo mejora la descarga de la batería, sino que también afecta la carga. Esto se puede apreciar en el Gráfico 3, donde incluso con el consumo de energía, no hay demasiadas variaciones en la carga. Estas variaciones sin control se pueden observar en la Figura 2, donde la carga y la descarga presentan variaciones.

Conclusiones

Se diseñó y probó el sistema de control de descarga de voltaje y también se verificó su rendimiento y mejora para un dispositivo de una máquina de retribución inversa alimentada por paneles fotovoltaicos, presentando resultados finales satisfactorios. Actualmente, se está terminando de construir la máquina completa incluyendo en el sistema de control todos los dispositivos para su funcionamiento. Utilizando los datos obtenidos en estas pruebas, hemos escalado para el resto de los dispositivos dentro de la máquina. Se adaptaron varios controladores para medir el consumo de corriente de cada dispositivo para establecer nuevos umbrales de descarga, ya sea individualmente o en bloque, y tener un buen rendimiento de la máquina alimentada por paneles solares y almacenar la energía en las seis baterías.

Como trabajo futuro, deseamos incorporar un análisis matemático para el control de los paneles solares y hacer coincidir con el sistema de control de descarga de voltaje aquí presentado.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer el apoyo de CONACYT por el financiamiento otorgado dentro del Programa de Incentivos Para la Innovación PEI 2017, ID: 242737 “Máquina compactadora y recicladora de residuos sólidos urbanos, ecológica mediante energía solar con interfaz incluyente visual y auditiva”. Así como al CIATEQ A.C. Aguascalientes donde se fabricó casi la totalidad de la máquina.

Referencias

- Alatalo M. et al (2011). Electric machine design for traction applications considering recycling aspects-review and new solution, IECON 2011 37th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society, Melbourne, pp. 1836-1841.
- Balram, P. et al (2016). Predictive voltage control of batteries and tap changers in distribution system with photovoltaics. Power Systems Computation Conference (PSCC), Genoa, pp. 1-7.
- Bass, R. et al (2016). Determining the Power and Energy Capacities of a Battery Energy Storage System to Accommodate High Photovoltaic Penetration on a Distribution Feeder. IEEE Power and Energy Technology Systems Journal, vol. PP, no. 99, pp. 1-1
- Liu, Y. et al (2014). Modelling and controller design of quasi-Z-source inverter with battery-based photovoltaic power system. IET Power Electronics vol. 7, no. 7, pp. 1665-1674.
- Saez-de-Ibarra. et al (2016). Sizing Study of Second Sife li-ion Batteries for Enhancing Renewable Energy Grid Integration. in IEEE transactions on industry applications , vol. pp, no. 99, pp. 1-1
- S. Ching, et al (1993). Plastic recycling in business machines. Electronics and the Environment, Proceedings of the 1993 IEEE International Symposium on, Arlington, pp. 189-193.
- SIELAFF (2012). Reverse vending machine has control device that switches touch screen from article delivery/return mode to maintenance mode when door is in open state. German Patente N°: DE102010040177. German Patente

TOMRA, S. (2007). Method and apparatus for overriding a reverse vending machine, EE.UU patente N°: 323842 Washington, DC: U.S. Patent

TOMRA S. (2010). Device and method related to return of empty beverage containers. EE.UU Patentes N°: NO20083001 y NO328793 Washington, DC: U.S. Patent.

WINCOR, N. I. (2009). Recognition of material and fill level of empty goods containers, German Patents: Patente N°: DE102008004479.

Xhaoxin Q. et al (2016). Cascaded Power Balancing Mechanism Based on Resonant Switched Capacitor Topology for Photovoltaic Systems. IEEE 8th International Power Electronics and Motion Control Conference, pp. 3514-3520.

Zhaoxin Q. et al (2016). Cascaded power balancing mechanism based on resonant switched capacitor topology for photovoltaic systems. 2016 IEEE 8th International Power Electronics and Motion Control Conference (IPEMC-ECCE Asia), Hefei, pp. 3514-3520.

Técnicas pasivas para la evaluación térmica de un concentrador solar

Passive techniques for the thermal evaluation of a solar concentrator

VELAZQUEZ-LUCHO, Karla María†*, ESPINOSA-CRUZ, Lizeth Maritza, TAVERA-MARTÍNEZ, Martin y ZUÑIGA-GUERRERO, Laidi

Instituto Tecnológico Superior de Huichapan, Departamento de Ingeniería en Energías Renovables

ID 1^{er} Autor: *Karla María, Velázquez-Lucho*: ORC ID: 0000-0002-2757-080X, Researcher ID Thomson: S-2277-2018, CVU CONACYT ID: 415160

ID 1^{er} Coautor: *Lizeth Maritza, Espinosa-Cruz*

ID 2^{do} Coautor: *Martin, Tavera-Martínez*

ID 3^{er} Coautor: *Laidi, Zuñiga-Guerrero*

Recibido Julio 27, 2018; Aceptado Noviembre 30, 2018

Resumen

El calor de proceso industrial en México demanda una temperatura entre 60 y 200°C. Una alternativa sustentable para solventar esta demanda de calor, es el uso de concentradores solares de canal parabólico (CCP), donde la radiación solar directa es direccionada hacia el receptor, absorbiéndola y convirtiéndola en calor. Existen técnicas activas para aumentar la eficiencia térmica de éstos dispositivos, como los seguidores solares, aunque incrementan el precio en su implementación. Los recubrimientos selectivos y los promotores de flujo turbulento son técnicas pasivas que también aumentan la eficiencia térmica de un CCP pero a un costo menor. Sin embargo, es necesario determinar el porcentaje de mejora de estos dispositivos mediante ésta técnica. El presente trabajo reporta la evaluación térmica teórica de un CCP comercial, analizando el efecto en la eficiencia del mismo, al plantear la implementación de tres diferentes insertos geométricos en el tubo receptor. Una eficiencia térmica teórica de 57% fue obtenida, al evaluar el CCP en condiciones de fábrica mediante el estándar ASHRAE 93. También se reporta la eficiencia del CCP con los tres escenarios planteados, demostrando un aumento en la eficiencia del 12%, cuando se inserta un alambre helicoidal de cobre en el tubo receptor del CCP.

Colector solar, Técnicas pasivas, Evaluación

Abstract

The heat of industrial process in Mexico demands a temperature between 60 and 200 ° C. A sustainable alternative to solve this heat demand is use a parabolic trough solar concentrators (CCP), where direct solar radiation is directed towards the receiver, absorbing it and converting it into heat. There are active techniques to increase the thermal efficiency of these devices, such as solar trackers, although they increase the price of their implementation. Selective coatings and turbulent flow promoters are passive techniques that also increase the thermal efficiency of a CCP but at a lower cost. However, it is necessary to determine the improvement in the efficiency of a CCP using this technique. The present work reports the theoretical thermal evaluation of a commercial CCP, analyzing the effect in the efficiency of the same, when proposing the implementation of three different geometric inserts in the receiver tube. A theoretical thermal efficiency of 57% was obtained by evaluating the CCP under factory conditions using the ASHRAE 93 standard. The efficiency of the CCP is also reported with the three proposed scenarios, demonstrating an increase in efficiency of 12% when inserted. a helical wire in the receiver tube of the CCP.

Solar collector, Passive techniques, Evaluation

Citación: VELAZQUEZ-LUCHO, Karla María, ESPINOSA-CRUZ, Lizeth Maritza, TAVERA-MARTÍNEZ, Martin y ZUÑIGA-GUERRERO, Laidi. Técnicas pasivas para la evaluación térmica de un concentrador solar. Revista de Ingeniería Eléctrica. 2018. 2-6: 22-29.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: (kmvelazquez@iteshu.edu.mx)

1. Introducción

México es un país con gran potencial para el aprovechamiento de la radiación solar y generación de energía, misma que puede ser utilizada en el desarrollo de las actividades productivas y con ello asegurar un crecimiento industrial y económico. Sin embargo, el actual sistema de generación de energía a partir de combustibles fósiles tiene como consecuencia la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera; tales como el Dióxido de Carbono (CO₂), el Metano (CH₄), los Óxidos de Nitrógeno (NO_x) e inclusive el vapor de agua (Kalogirou, 2009).

El sector industrial ocupa el segundo lugar como consumidor final de energía en el país, estando por debajo del sector de transporte. La demanda de energía es satisfecha en dos terceras partes por el uso de gas natural, derivados del petróleo y carbón para la generación de calor y el resto en consumo de electricidad (Ortega, 2018). De acuerdo con Kalogirou (2009) en la mayoría de procesos industriales se suministra energía térmica con temperaturas debajo de los 150°C; misma que puede ser abastecida con captadores solares de conversión fototérmica, debido a que son una opción ambiental, técnica y económicamente viable.

Un concentrador solar de canal parabólico (CCP) es un tipo de captador solar, que transforma la energía del Sol en calor y éste se transfiere a un fluido de trabajo. Un CCP puede proveer calor en un rango de temperatura de 80-250°C (Kalogirou, 2009). Éstos dispositivos están compuestos principalmente por una estructura de soporte, lámina reflejante, tubo absorbedor, tanque de almacenamiento y un sistema hidráulico. Así mismo, su eficiencia está relacionada con las condiciones del lugar, como puede ser la irradiación, pero también tiene relación directa con el diseño del mismo.

Por otra parte, para incrementar la eficiencia de estos equipos, se tienen dos vías de acción, las técnicas activas y las pasivas. Las técnicas activas permiten incrementar la densidad de energía por unidad de área en el receptor, a través de seguidores solares, sin embargo, esto representa un alza económica en la inversión.

Las técnicas pasivas por su parte, involucran el tratamiento de las superficies con pinturas o depósitos químicos para incrementar la absorbancia, también incluye la manipulación o modificación del flujo del fluido en el interior del tubo receptor del CCP mediante la inserción de alguna forma mecánica dentro, llamados por varios autores, promotores de flujo turbulento (Velazquez, 2014). Dichos insertos pueden ser en sus formas básicas, cintas torcidas, helicoides, hélices y aletas en espiral (Bejan, 1995).

Zimparov *et al.* (2002) llevó a cabo una serie de experimentos sobre transferencia de calor y flujos en tubos corrugados equipados con cintas torcidas, encontrando que esta combinación mejora la transferencia de calor comparado con tubos lisos desnudos.

En 2010, Eiamsa-ard realizó una inclusión de cinta torcida en un tubo, permitiendo rotar al flujo en dirección axial, de tal suerte que se modifique el número de Reynolds (Re) y el número de Nusselt (Nu), insistiendo que esta es una mecánica de bajo costo y que puede ser acoplado a sistemas ya existentes.

Posteriormente, estudios emprendidos por Hong *et al.*, (2012) muestran que con la modificación geométrica al interior de los tubos por donde circula un fluido, se incrementa de 6.3-35.7% el Nu, mientras que el factor de fricción decrece a medida que el Re aumenta, lo que indica que esta técnica es recomendable para una transferencia de calor mejorada.

En 2013, Eiamsa-ard *et al.*, reportó el efecto de la transferencia de calor y la caída de presión en tubos intercambiadores de calor, mediante la doble inserción de cintas retorcidas en forma delta y en tres ángulos diferentes de posición al interior del tubo, encontrando que la tasa de transferencia de calor aumenta a medida que el ángulo de posición disminuye. También estudiaron el efecto de co-acoplamiento y contra-acoplamiento de cintas retorcidas en intercambiadores de calor, así como la relación de anchura y de giro, demostrando que con el contra-acoplamiento de las cintas retorcidas se obtiene mayor transferencia de calor, menores pérdidas por fricción y mayor factor de rendimiento térmico en comparación de las cintas co-acopladas.

Al mismo tiempo, establecieron que el factor de rendimiento térmico aumenta con la razón de torsión, y el Reynolds disminuye mientras la relación de anchura aumenta. Después, Matani y Dahake (2013) analizaron la influencia en la caída de presión, el factor de fricción, la transferencia de calor y el rendimiento térmico, al insertar una bobina de alambre y una cinta retorcida al interior de un tubo liso, sus resultados demostraron que el factor de fricción y el rendimiento térmico aumenta cuando la relación de giro disminuye.

En el mismo año Reddy *et al.*, realizó un estudio en CCP's con disco poroso en el receptor, también evaluaron la eficiencia térmica mediante el estándar ASHRAE 93 y bajo 6 diferentes configuraciones, dos de ellas son con discos convencionales y cuatro con discos porosos; encontraron un aumento en la eficiencia en el rango de 63.9% a 66.66%.

Investigaciones realizadas en 2016 por Jaramillo *et al.*, reporta la mejora de un CCP para calor de proceso de baja entalpía, desarrollando un modelo termodinámico para analizar el rendimiento y encontraron el conjunto de condiciones bajo las cuales una inserción de cinta torcida es útil para aumentar el rendimiento del concentrador solar. Encontrando que mediante la implementación del promotor de flujo turbulento es posible mejorar la transferencia de calor y aumentar la eficiencia térmica de dicho dispositivo.

Un año después, Abad *et al.*, (2017) utilizó un absorbente lleno de espuma metálica para mejorar la transferencia de calor y aumentar la eficiencia del CCP. Descubrió que al aumentar el caudal másico, se mejoraba la eficiencia del colector y se podía ver el mismo patrón cuando el absorbente se llenaba con espuma de cobre, además de que el coeficiente de pérdida (U_L) disminuye un 45% y aumenta la eficiencia porque se pierde menos energía.

En 2017, Jalil y Goudarzi realizaron investigaciones experimentalmente sobre el efecto de la implementación de diferentes insertos en un tubo de un evaporador de efecto simple. Los experimentos realizados incluían helicoides de alambre, helicoides de alambre modificado, clásico modificado y de tipo mariposa. En todos los casos, el uso de helicoides de alambre conduce a un aumento considerable en la transferencia de calor.

El presente trabajo reporta la evaluación térmica teórica de un CCP comercial de acuerdo al estándar AHSRAE 93 identificado como control, y los impactos en la eficiencia del dispositivo al plantear la inserción de un helicoides de cobre en el tubo receptor, con la finalidad de mejorar la transferencia de calor en el dispositivo.

Existe poca literatura objeto de revisión y antecedentes, que puedan emplearse como comparación de los resultados obtenidos del comportamiento en la eficiencia de un CCP al implementar helicoides en el tubo receptor, sin embargo, los valores obtenidos se ubican en el margen de lo esperado.

2. Características del CCP

El CCP utilizado en este trabajo es un concentrador solar comercial con tubo receptor desnudo, considerado como control. Tanto el receptor como la lámina reflejante son de aluminio (ver Figura 1) y sus especificaciones son presentadas en la Tabla 1.



Figura 1 CCP de control.

Fuente: *Elaboración Propia*

Características	Datos
Área de apertura	4.0176 m ²
Longitud	2.48m
Diámetro externo	0.02675 m
Diámetro interno	0.0254m
Distancia focal	0.4m
Eficiencia óptica	0.71
Razón Concentración	18.9
Ángulo de borde	90°

Tabla 1 Especificaciones del CCP.

Fuente: (Montes, 2018)

En secciones posteriores se reporta la eficiencia teórica de éste equipo considerando las especificaciones del estándar AHSRAE 93. A partir de esa eficiencia de control, se presenta un comparativo de la misma respecto a la eficiencia reportada considerando la inserción de un helicoide de cobre al interior del tubo receptor, dicho receptor también considerado en cobre.

3. Metodología, especificaciones del estándar ASHRAE 93

Este estándar evalúa los colectores solares y la variación de desempeño de acuerdo con el ángulo de incidencia, para predecir el rendimiento en cualquier ubicación o sobre cualquier condición climática, donde la carga, el tiempo y la insolación son conocidos. El flujo másico del fluido de trabajo debe ser constante durante las pruebas ejecutadas por un periodo de estado permanente, el fluido de trabajo debe tener una temperatura constante y el ángulo de incidencia debe estar en el rango de $\pm 2\%$ del valor de incidencia normal.

También considera una irradiancia solar directa mayor a $790 \pm 32 \text{ W/m}^2$; una velocidad de viento entre 2,2 y 4,5 m/s; la temperatura ambiente debe estar en un rango de 15 y 30°C ; la temperatura de entrada del fluido con una variación de ± 1 y una temperatura de salida del fluido, además de una velocidad de fluido de 0.02 Kg/sm^2 con una variación de $\pm 2\%$. Todos los requisitos anteriores fueron considerados para el cálculo de la eficiencia térmica teórica del CCP control y las diferentes configuraciones propuestas para incrementar la eficiencia.

4. Modelo térmico teórico

El análisis térmico del CCP sin cambio de fase es similar a un colector de placa plana, considerando un balance de energía, el calor útil está dado por (Kalogirou, 2009):

$$Q_u = F_R [\eta_o A_a G_b - A_r U_L (T_{m,i} - T_a)] \quad (1)$$

Donde F_R es el factor de remoción, η_o es la eficiencia óptica, A_a es el área de apertura del colector, G_b es la radiación solar directa, A_r es el área del receptor, U_L el coeficiente total de pérdidas, $T_{m,i}$ es la temperatura a la entrada del receptor y T_a es la temperatura ambiente.

A su vez, la eficiencia térmica instantánea η es obtenida de $Q_u/G_b A_a$ como sigue:

$$\eta = F_R \eta_o - F_R \frac{U_L}{C} \left(\frac{T_{m,i} - T_a}{G_b} \right) \quad (2)$$

El factor de remoción puede ser obtenido de la siguiente manera:

$$F_R = \frac{\dot{m} C_p}{A_r U_L} \left[1 - \exp \left(- \frac{U_L F' A_r}{\dot{m} C_p} \right) \right] \quad (3)$$

Donde \dot{m} es el flujo másico, C_p es el calor específico del fluido a presión constante, y el factor de eficiencia del colector es calculado por:

$$F' = \frac{\frac{1}{U_L}}{\frac{1}{U_L} + \frac{D_o}{h_w D_i} + \left(\frac{D_o}{2k_w} \ln \left(\frac{D_o}{D_i} \right) \right)} \quad (4)$$

Donde h_w y k_w son el coeficiente de transferencia de calor y conductividad térmica respectivamente, y D_o y D_i son los diámetros externo e interno del tubo receptor respectivamente.

El valor de la k_w es y el número de Nusselt pueden ser estimados de acuerdo a la ecuación 5:

$$h_w = \frac{k_w Nu_D}{D_i} \quad (5)$$

Si el flujo es flujo turbulento $Re > 2,300$ entonces:

$$Nu_D = 0.023 (Re)^{0.8} (Pr)^{0.4} \quad (6)$$

Donde Pr es el número de Prandtl y Re es el número de Reynolds. Con el fin de determinar el régimen del flujo es considerado incompresible, por lo tanto, el número de Reynolds es obtenido:

$$Re_D = \frac{4\dot{m}}{\pi \mu_w D_i} \quad (7)$$

Donde μ_w es la viscosidad dinámica del fluido y es \dot{m} el flujo másico.

Para calcular U_L en un receptor desnudo y considerando que los gradientes de temperatura se mantiene a lo largo del receptor, y tomando en cuenta la radiación y la convección en la superficie externa del receptor, se tiene:

$$U_L = h_r + h_v \quad (8)$$

Donde h_r es el coeficiente radiativo de transferencia de calor y h_v es el coeficiente de transferencia de calor por viento. El coeficiente radiativo de transferencia de calor se puede estimar mediante (Kalogirou, 2009)

$$h_r = 4\sigma\epsilon_r T_r^3 \quad (9)$$

Donde σ es la constante de Stefan-Boltzman, ϵ y T_r son respectivamente la emisividad y la temperatura en la superficie del receptor. Para estimar el coeficiente de pérdidas por viento h_v la relación de Zhukauskas se puede observar la Tabla 2.

\overline{Re}_D	B	M
0.4-4	0.989	0.330
4-40	0.911	0.385
40-4000	0.683	0.466
4000-40,000	0.193	0.618
40,000-400,000	0.027	0.805

Tabla 2 Constantes para la ecuación de Zhukauskas
Fuente: (Incropera, 2011)

Por lo tanto:

$$\overline{Nu}_D = (B)(\overline{Re}_D)^m (Pr)^n \left(\frac{Pr}{Pr_r}\right)^{1/4} \quad (10)$$

[0.7 < Pr < 500]
[1 < Re_D < 10⁶]

Donde \overline{Re}_D es el número de Reynolds para un cilindro en flujo cruzado, definido como:

$$\overline{Re}_D = \frac{VD_o}{\nu} \quad (11)$$

Donde V es la velocidad del viento y ν es la viscosidad cinemática del aire. En el caso del número de Prandtl, si $Pr \leq 10$, $n=0.37$ y si $Pr > 10$, $n=0.36$. La estimación del coeficiente de pérdidas debido al viento h_v es determinado por la siguiente relación:

$$h_v = \overline{Nu}_D \frac{k_v}{D_o} \quad (12)$$

Donde k_v es la conductividad térmica del aire, D_o el diámetro externo del receptor. Para calcular la temperatura en el receptor T_r se tiene:

$$T_r = \frac{\eta_o A_a G_B}{h_w} + T_{m,o} \quad (13)$$

Donde h_w es el coeficiente convectivo de transferencia de calor del fluido de trabajo. Por lo que para determinar $T_{m,o}$ es necesario emplear:

$$T_{m,o} = \frac{\eta_o C G_B (\pi D_o L)}{m C_p} + T_{m,i} \quad (14)$$

La eficiencia térmica teórica obtenida para el CCP-control fue de 0.57.

5. Evaluación teórica del CCP con diferentes insertos

Retomando el estudio realizado por Jalil y Goudarzi (2017) se planteó un primer escenario considerando la inserción de un alambre helicoidal en el tubo receptor del CCP, pues el autor reportó una mejora importante en la transferencia de calor, además de que sus estudios se encuentran dentro del rango Re calculado para el CCP-control.

Para el caso del helicoides, el número de Nusselt es calculado con la relación de (Jalil & Goudarzi, 2017) observada en la ecuación 15.

$$Nu = 0.042(Re)^{0.436} (Pr)^{-4.424} (p/e)^{4.418} \quad (15)$$

Donde p es la distancia de giro a giro, y e es el diámetro del alambre helicoidal insertado, tal como se observa en la Figura 2.

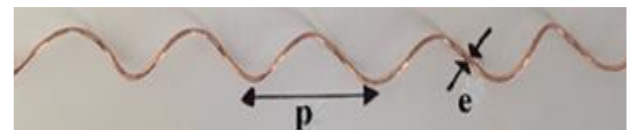


Figura 2 Inserto de alambre helicoidal
Fuente: (Jalil y Goudarzi, 2010)

Para determinar p y e se empleó una hoja de cálculo para maximizar los resultados al evaluar la ecuación 15. Además de considerar condiciones límites físicos y propios del receptor, así como diámetros comerciales para el alambre helicoidal, con la finalidad de reducir costos en implementaciones futuras.

Otros insertos consultados en la literatura con resultados altos en la transferencia de calor, corresponden a una cinta torcida con cortes en V propuesta por Marugesan *et al.*, en (2011), utilizando la relación para el número de Nusselt de acuerdo a la ecuación 16.

$$Nu = 0.0296 Re^{0.853} Pr^{0.33} y^{-0.222} \left(1 + \frac{d_e}{w}\right)^{1.148} \left(1 + \frac{w}{w}\right)^{-0.751} \quad (16)$$

Donde w es el ancho del corte en V, d_e es la profundidad del corte en V, y es la razón de giro y W es el ancho de la cinta.

También se consideró una cinta torcida clásica propuesta Eiamsa-ard en (2010), calculando el número de Nusselt de la siguiente manera

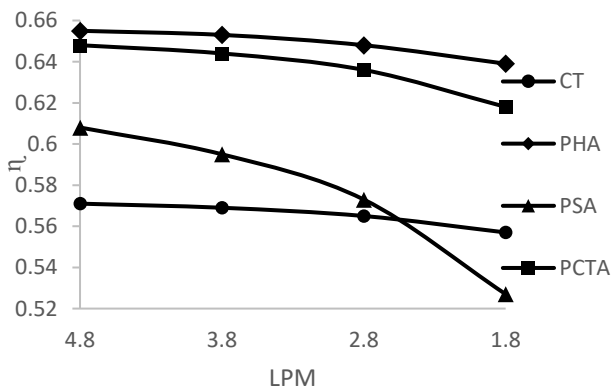
$$Nu = 0.22 Re^{0.66} Pr^{0.4} \left(\frac{y}{w}\right)^{-0.6} \quad (17)$$

Donde y es la razón de giro y w el ancho de la cinta.

Estos últimos dos insertos también se seleccionaron considerando el rango del Re . El análisis con los tres diferentes insertos en el receptor, se realizó considerando el material del receptor en aluminio y en cobre, considerando un flujo másico de 0.002 kg/s m^2 de acuerdo al estándar AHSRAE, equivalente a 4.8 l/m , así como también a $3.8, 2.8$ y 1.8 l/m .

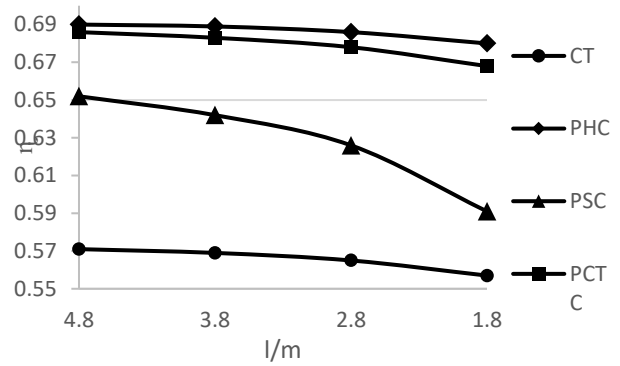
6.Resultados

En el análisis comparativo del comportamiento de las eficiencias se puede consultar en la Gráfica 1, considerando material de aluminio.



Gráfica 1 Eficiencias del CCP en material de aluminio
Fuente: Elaboración Propia

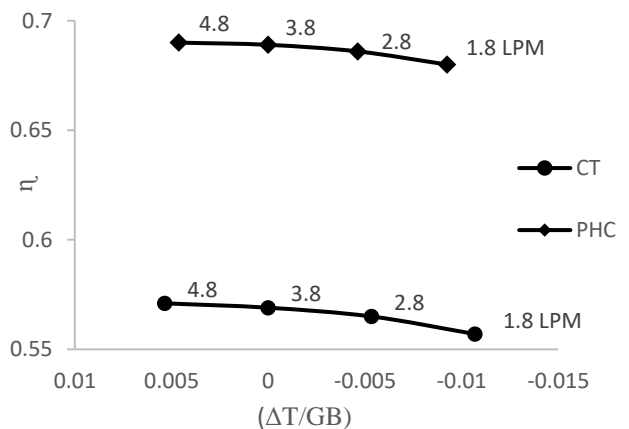
En dicha gráfica se puede observar que la eficiencia más alta se obtiene con la configuración de inserto alambre helicoidal (PHA), por debajo la solera con cortes en V (PCTA) y finalmente la solera clásica (PSA), teniendo como referencia la eficiencia del control (CT). Para el caso del escenario en cobre, se puede observar en la Gráfica 2 que posee el mismo comportamiento.



Gráfica 2 Eficiencia del ccp en tubo receptor de cobre
Fuente: Elaboración Propia

Una mayor eficiencia es mostrada por el inserto de alambre helicoidal (PHC), seguido en orden descendente por la solera con cortes en V (PCTC) y la solera clásica (PSC), respecto al control (CT). Sin embargo, a pesar de que el comportamiento es el mismo que en el caso del uso de tubo de receptor de aluminio, hay una diferencia clara en los incrementos de la eficiencia. Posteriormente se procedió a realizar el comparativo del inserto que mostró mejor incremento en la eficiencia y el escenario de material que también demostró mejor rendimiento.

Como se puede observar en la gráfica 3, se presenta un comparativo de la eficiencia térmica teórica del control (CT) respecto al inserto PHC en el escenario de cobre, mostrando un incremento del 0.12 del inserto PHC respecto a CT, observando un incremento de 0.57 a 0.69.



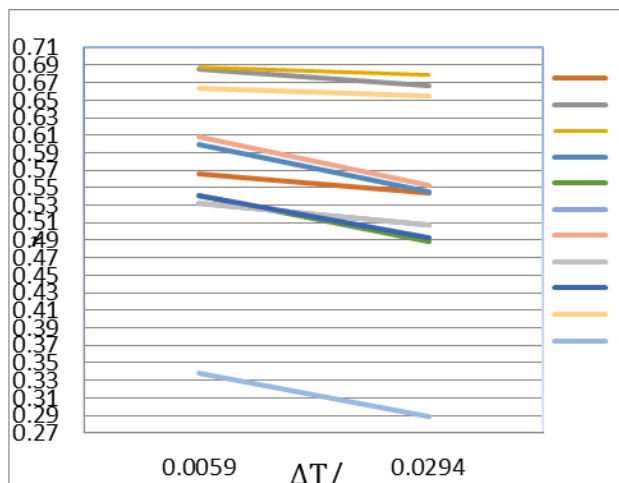
Gráfica 3 Comparación CCP-CT con CCP-PEC
Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 3 se muestran las curvas de eficiencia reportadas en este trabajo y las reportadas en la literatura.

Autor	Características	Eficiencia
1. Este trabajo (control)	$\varphi=90^\circ$, receptor desnudo	0.571 \pm 0.909(ΔT /Gb)
2. Este trabajo (PHC)	$\varphi=90^\circ$, receptor desnudo	0.69 \pm 0.797(ΔT /Gb)
3. Arasu <i>et al.</i> , (2007)	$\varphi=90^\circ$, receptor con cubierta	0.69 \pm 0.39(ΔT /Gb)
4. Jaramillo <i>et al.</i> , (2013)	$\varphi=90^\circ$, receptor desnudo	0.6128 \pm 2.3025(ΔT /Gb)
5. Tajik <i>et al.</i> , (2017)	$\varphi=90^\circ$, receptor desnudo	0.5547 \pm 2.256(ΔT /Gb)
6. Tajik <i>et al.</i> , (2017)	$\varphi=90^\circ$, receptor desnudo	0.5381 \pm 1.193(ΔT /Gb)
7. Jaramillo <i>et al.</i> , (2016)	$\varphi=90^\circ$, receptor desnudo	0.6224 - 2.368(ΔT /Gb)
8. Brooks <i>et al.</i> , (2005)	$\varphi=82.2^\circ$ receptor con cubierta	0.538 \pm 1.059(ΔT /Gb)
9. Brooks <i>et al.</i> , (2005)	$\varphi=82.2^\circ$ receptor desnudo	0.5523 \pm 2.009(ΔT /Gb)
10. Reddy <i>et al.</i> , (2014)	$\varphi=65^\circ$, receptor desnudo	0.666 \pm 0.369(ΔT /Gb)
11. Jaramillo <i>et al.</i> , (2013)	$\varphi=45^\circ$, receptor desnudo	0.351 \pm 2.117(ΔT /Gb)

Tabla 3 Comparación de curvas de eficiencia

Fuente: (Incropera, 2011)



Gráfica 4 Comparación del CCP-CT, CCP-PEC y CCP reportados en la literatura

Fuente: Elaboración Propia

En la Gráfica 4 se puede observar la comparación de la eficiencia de concentradores solares evaluados de acuerdo al estándar ASHRAE 93 respecto a la eficiencia del CCP control y el CCP con inserto de alambre helicoidal.

7. Conclusiones

El modelo teórico presentado permitió conocer la eficiencia térmica del CCP usando 3 inserciones geométricas diferentes en el tubo receptor. En todos los casos se pudo observar un aumento en la eficiencia térmica y por lo tanto una mejora en la transferencia de calor del CCP comercial.

Al revisar la eficiencia del control respecto a la eficiencia reportada con el alambre helicoidal en tubo receptor de cobre, se presentó un aumento máximo del 12%, seguido por el escenario de la solera con cortes en V que presentó un aumento del 11%, y al final un aumento de 8% para la solera clásica. Para el escenario en aluminio, el aumento en la eficiencia térmica con el alambre helicoidal respecto al control es de 8%, mientras que para la solera clásica el aumento es de 3%.

Con respecto a la gráfica 4 se puede observar que el CCP comercial, referido como control, se encuentra por debajo de varios CCP's reportados en la literatura, sin embargo, al comparar la curva de eficiencia del mismo, considerandola inserción del alambre helicoidal, el rendimiento del CCP es comparable con la eficiencia más alta, correspondiente al Arasu *et al.*, (2007). Cabe destacar que el tubo receptor del concentrador de dicho autor, posee cubierta de vidrio, mientras que el propuesto en este trabajo posee receptor desnudo, lo que indica que se puede obtener un mejor rendimiento de la configuración propuesta aquí, si se minimizan las pérdidas de calor.

Por lo tanto, la mejor conductividad del cobre y la configuración geométrica de alambre helicoidal propuesta, se conjuntan para obtener el mejor escenario de aumento en la eficiencia térmica del CCP, dando pauta a la implementación del mismo para realizar futuras comparaciones con datos experimentales. La implementación de insertos geométricos es una técnica prometedora para aumentar el rendimiento térmico de los concentradores solares de foco lineal.

8. Agradecimiento

Al Tecnológico Nacional de México por financiar el presente trabajo.

9. Referencias

ANSI/ASHRAE Standard, 93. (2010). *Methods of Testing to Determine the Thermal Performance of Solar Collectors*.

Bejan, A. (1995). *Entropy Generation Minimization. Mechanical and aerospace engineering series*.

- Brooks, M., Mills, I & Harms, T. (2005). Desing, *construction and testing of a parabolic trough solar collector for a developing-country application. Department of Mechanical Engineering. University of Stellenbosch. South Africa.*
- Eiamsa-ard, S. T.-a. (2010). Turbulent heat transfer enhancement by counter/co-swirlingow in a tubetted with twin twisted tapes. In *Experimental Thermal and Fluid Science* (pp. 34,53-62).
- Hong, X., Deng, X., & Zhang, L. (2012). *3D Numerical Study on Compound Heat Transfer Enhancement of Coverging.diverging Tubes Equipped with Twin Twisted Tapes.*
- Incropera, F. P. (2011). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer.*
- Jalil, E., & Goudarzi, K. (2017). Experimental study of heat transfer enhancement in the evaporator of single-effect absorption chiller using new different tube insert. In *Applied Thermal Engineering* (pp. 1-9). ELSERVIER.
- Jaramillo, O., Venegas-Reyes, E., Aguilar,J., Castrejón-García, R. & Sosa-Montemayor, F. (2013). Parabolic trough concentrators for low enthalpy processes. Instituto de Energías Renovables. Universidad Nacional Autónoma de México. *Renewable Energy* (pp. 529-539). ELSERVIER.
- Jaramillo, O., Borunda, M., Velázquez-Lucho, K. M., & Robles, M. (2016). Parabolic trough solar collector for low enthalpy processes: An analysis of the efficiency enhancement by using twisted tape inserts. In *Renewable Energy* (pp. 125-141). ELSERVIER.
- Kalogirou, S. A. (2009). *Solar Energy Engineering: Processes and Systems* (Primera ed.). U.S.A: Academic Press.
- Marugesan, P., Mayilsamy, K., Suresh, S., & Srinivasan, P. S. (2010). Heat transfer and pressure drop characteristics in a circular tube fitted with and without V-cut twisted tape insert. In *International Communications in Heat and Mass Transfer* (pp. 329-334). ELSERVIER.
- Matani, A., & Dahake, S. (2013). *Experimental study on heat transfer enhancement in a tube using counter/co-swirl generation.* India.
- Ortega, H. (2018). *Energía Solar Térmica para Procesos Industriales en México.* Ciudad de México.
- Reddy , K. S., Ruvan Kumar, K., & Ajay, C. S. (2014). Experimental investigation of porous disc enhanced receiver for solar parabolic trough collector. In *Renewable Energy* (pp. 308-319). ELSERVIER.
- Tajik, M., Abad, J., Seyfollah, S., & Aminy, M. (2017). Experimental investigation on a solar parabolic trough collector for absorber tube filled with porous media. In *Renewable Energy.*
- Velazquez, K. (2014). *Construcción y Evaluación de un concentrador solar de canal parabólico pra calor de procesos de baja entalpía.* Temixco, Morelos: Instituto de Energías Renovables-UNAM.
- Zimparov, V. (2002). *Enhancement of heat transfer by a combination of a single-start spirally corrugated tubes with a twisted tape.*

Instrucciones para la Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

[Título en Times New Roman y Negritas No. 14 en Español e Inglés]

Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Autor†*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2^{do} Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3^{er} Coautor

Institución de Afiliación del Autor incluyendo dependencia (en Times New Roman No.10 y Cursiva)

International Identification of Science - Technology and Innovation

ID 1^{er} Autor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1^{er} Autor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 1^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1^{er} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 2^{do} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 2^{do} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 3^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 3^{er} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

(Indicar Fecha de Envío: Mes, Día, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

Resumen (En Español, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Español)

Resumen (En Inglés, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Inglés)

Citación: Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Autor†*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2do Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3er Coautor. Título del Artículo. Revista de Ingeniería Eléctrica. Año 1-1: 1-11 (Times New Roman No. 10)

* Correspondencia del Autor (ejemplo@ejemplo.org)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del Artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Artículos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas- Editables

En el *contenido del Artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte inferior con Times New Roman No. 10 y Negrita]

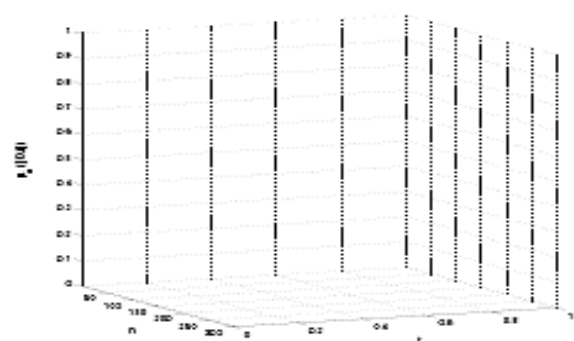


Gráfico 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

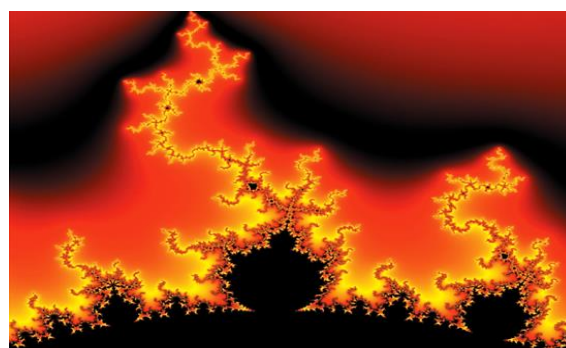


Figura 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Cada Artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Título secuencial.

Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Instrucciones para la Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

Referencias

Utilizar sistema APA. No deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del Artículo.

Utilizar Alfabeto Romano, todas las referencias que ha utilizado deben estar en el Alfabeto romano, incluso si usted ha citado un Artículo, libro en cualquiera de los idiomas oficiales de la Organización de las Naciones Unidas (Inglés, Francés, Alemán, Chino, Ruso, Portugués, Italiano, Español, Árabe), debe escribir la referencia en escritura romana y no en cualquiera de los idiomas oficiales.

Ficha Técnica

Cada Artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Originalidad del Autor y Coautores

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Aceptación del Autor y Coautores

Reserva a la Política Editorial

Revista de Ingeniería Eléctrica se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar los Artículos a la Política Editorial del Research Journal. Una vez aceptado el Artículo en su versión final, el Research Journal enviará al autor las pruebas para su revisión. ECORFAN® únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación del Artículo.

Código de Ética – Buenas Prácticas y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Declaración de Originalidad y carácter inédito del Artículo, de Autoría, sobre la obtención de datos e interpretación de resultados, Agradecimientos, Conflicto de intereses, Cesión de derechos y distribución

La Dirección de ECORFAN-México, S.C reivindica a los Autores de Artículos que su contenido debe ser original, inédito y de contenido Científico, Tecnológico y de Innovación para someterlo a evaluación.

Los Autores firmantes del Artículo deben ser los mismos que han contribuido a su concepción, realización y desarrollo, así como a la obtención de los datos, la interpretación de los resultados, su redacción y revisión. El Autor de correspondencia del Artículo propuesto requisitara el formulario que sigue a continuación.

Título del Artículo:

- El envío de un Artículo a Revista de Ingeniería Eléctrica emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo, salvo que sea rechazado por el Comité de Arbitraje, podrá ser retirado.
- Ninguno de los datos presentados en este Artículo ha sido plagiado ó inventado. Los datos originales se distinguen claramente de los ya publicados. Y se tiene conocimiento del testeo en PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se procederá a arbitrar.
- Se citan las referencias en las que se basa la información contenida en el Artículo, así como las teorías y los datos procedentes de otros Artículos previamente publicados.
- Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Perú considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.
- Se ha obtenido el consentimiento de quienes han aportado datos no publicados obtenidos mediante comunicación verbal o escrita, y se identifican adecuadamente dicha comunicación y autoría.
- El Autor y Co-Autores que firman este trabajo han participado en su planificación, diseño y ejecución, así como en la interpretación de los resultados. Asimismo, revisaron críticamente el trabajo, aprobaron su versión final y están de acuerdo con su publicación.
- No se ha omitido ninguna firma responsable del trabajo y se satisfacen los criterios de Autoría Científica.
- Los resultados de este Artículo se han interpretado objetivamente. Cualquier resultado contrario al punto de vista de quienes firman se expone y discute en el Artículo.

Copyright y Acceso

La publicación de este Artículo supone la cesión del copyright a ECORFAN-Mexico, S.C en su Holding Perú para su Revista de Ingeniería Eléctrica, que se reserva el derecho a distribuir en la Web la versión publicada del Artículo y la puesta a disposición del Artículo en este formato supone para sus Autores el cumplimiento de lo establecido en la Ley de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos Mexicanos, en lo relativo a la obligatoriedad de permitir el acceso a los resultados de Investigaciones Científicas.

Título del Artículo:

Nombre y apellidos del Autor de contacto y de los Coautores	Firma
1.	
2.	
3.	
4.	

Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Responsabilidades del Editor

El Editor se compromete a garantizar la confidencialidad del proceso de evaluación, no podrá revelar a los Árbitros la identidad de los Autores, tampoco podrá revelar la identidad de los Árbitros en ningún momento.

El Editor asume la responsabilidad de informar debidamente al Autor la fase del proceso editorial en que se encuentra el texto enviado, así como de las resoluciones del arbitraje a Doble Ciego.

El Editor debe evaluar los manuscritos y su contenido intelectual sin distinción de raza, género, orientación sexual, creencias religiosas, origen étnico, nacionalidad, o la filosofía política de los Autores.

El Editor y su equipo de edición de los Holdings de ECORFAN® no divulgarán ninguna información sobre Artículos enviado a cualquier persona que no sea el Autor correspondiente.

El Editor debe tomar decisiones justas e imparciales y garantizar un proceso de arbitraje por pares justa.

Responsabilidades del Consejo Editorial

La descripción de los procesos de revisión por pares es dado a conocer por el Consejo Editorial con el fin de que los Autores conozcan cuáles son los criterios de evaluación y estará siempre dispuesto a justificar cualquier controversia en el proceso de evaluación. En caso de Detección de Plagio al Artículo el Comité notifica a los Autores por Violación al Derecho de Autoría Científica, Tecnológica y de Innovación.

Responsabilidades del Comité Arbitral

Los Árbitros se comprometen a notificar sobre cualquier conducta no ética por parte de los Autores y señalar toda la información que pueda ser motivo para rechazar la publicación de los Artículos. Además, deben comprometerse a mantener de manera confidencial la información relacionada con los Artículos que evalúan.

Cualquier manuscrito recibido para su arbitraje debe ser tratado como documento confidencial, no se debe mostrar o discutir con otros expertos, excepto con autorización del Editor.

Los Árbitros se deben conducir de manera objetiva, toda crítica personal al Autor es inapropiada.

Los Árbitros deben expresar sus puntos de vista con claridad y con argumentos válidos que contribuyan al hacer Científico, Tecnológica y de Innovación del Autor.

Los Árbitros no deben evaluar los manuscritos en los que tienen conflictos de intereses y que se hayan notificado al Editor antes de someter el Artículo a evaluación.

Responsabilidades de los Autores

Los Autores deben garantizar que sus Artículos son producto de su trabajo original y que los datos han sido obtenidos de manera ética.

Los Autores deben garantizar no han sido previamente publicados o que no estén siendo considerados en otra publicación seriada.

Los Autores deben seguir estrictamente las normas para la publicación de Artículos definidas por el Consejo Editorial.

Los Autores deben considerar que el plagio en todas sus formas constituye una conducta no ética editorial y es inaceptable, en consecuencia, cualquier manuscrito que incurra en plagio será eliminado y no considerado para su publicación.

Los Autores deben citar las publicaciones que han sido influyentes en la naturaleza del Artículo presentado a arbitraje.

Servicios de Información

Indización - Bases y Repositorios

RESEARCH GATE (Alemania)

GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)

MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)

HISPANA (Información y Orientación Bibliográfica-España)

Servicios Editoriales:

Identificación de Citación e Índice H.

Administración del Formato de Originalidad y Autorización.

Testeo de Artículo con PLAGSCAN.

Evaluación de Artículo.

Emisión de Certificado de Arbitraje.

Edición de Artículo.

Maquetación Web.

Indización y Repositorio

Traducción.

Publicación de Obra.

Certificado de Obra.

Facturación por Servicio de Edición.

Política Editorial y Administración

244 - 2 Itzopan Calle. La Florida, Ecatepec Municipio México Estado, 55120 Código postal, MX. Tel: +52 1 55 2024 3918, +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 4640 1298; Correo electrónico: contact@ecorfan.org
www.ecorfan.org

ECORFAN®

Editora en Jefe

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Redactor Principal

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

Asistente Editorial

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Editor Ejecutivo

SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD

Editores de Producción

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Administración Empresarial

REYES-VILLAO, Angélica. BsC

Control de Producción

RAMOS-ARANCIBIA Alejandra. BsC

DÍAZ-OCAMPO Javier. BsC

Editores Asociados

OLIVES-MALDONADO, Carlos. MsC

MIRANDA-GARCIA, Marta. PhD

CHIATCHOUA, Cesaire. PhD

SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD

CENTENO-ROA, Ramona. MsC

ZAPATA-MONTES, Nery Javier. PhD

ALAS-SOLA, Gilberto Américo. PhD

MARTÍNEZ-HERRERA, Erick Obed. MsC

ILUNGA-MBUYAMBA, Elisée. MsC

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. MsC

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

Publicidad y Patrocinio

(ECORFAN®- Mexico- Bolivia- Spain- Ecuador- Cameroon- Colombia- El Salvador- Guatemala- Nicaragua- Peru- Paraguay- Democratic Republic of The Congo- Taiwan),sponsorships@ecorfan.org

Licencias del Sitio

03-2010-032610094200-01-Para material impreso, 03-2010-031613323600-01-Para material electrónico, 03-2010-032610105200-01-Para material fotográfico, 03-2010-032610115700-14-Para Compilación de Datos, 04 -2010-031613323600-01-Para su página Web, 19502-Para la Indización Iberoamericana y del Caribe, 20-281 HB9-Para la Indización en América Latina en Ciencias Sociales y Humanidades, 671-Para la Indización en Revistas Científicas Electrónicas España y América Latina, 7045008-Para su divulgación y edición en el Ministerio de Educación y Cultura-España, 25409-Para su repositorio en la Biblioteca Universitaria-Madrid, 16258-Para su indexación en Dialnet, 20589-Para Indización en el Directorio en los países de Iberoamérica y el Caribe, 15048-Para el registro internacional de Congresos y Coloquios. financingprograms@ecorfan.org

Oficinas de Gestión

244 Itzopan, Ecatepec de Morelos–México.

21 Santa Lucía, CP-5220. Libertadores -Sucre–Bolivia.

38 Matacerquillas, CP-28411. Morazarzal –Madrid-España.

18 Marcial Romero, CP-241550. Avenue, Salinas I - Santa Elena-Ecuador.

1047 La Raza Avenue -Santa Ana, Cusco-Peru.

Boulevard de la Liberté, Immeuble Kassap, CP-5963.Akwa- Douala-Cameroon.

Southwest Avenue, San Sebastian – León-Nicaragua.

6593 Kinshasa 31 – Republique Démocratique du Congo.

San Quentin Avenue, R 1-17 Miralvalle - San Salvador-El Salvador.

16 Kilometro, American Highway, House Terra Alta, D7 Mixco Zona 1-Guatemala.

105 Alberdi Rivarola Captain, CP-2060. Luque City- Paraguay.

Distrito YongHe, Zhongxin, calle 69. Taipei-Taiwán.

Revista de Ingeniería Eléctrica

“Motor trifásico de 6, 9 y 12 terminales, proceso automático de identificación”

VIRAMONTES-REYNA, José Luis, VILLA-VILLASEÑOR, Noé, MORENO-SILVA, Josafat y MONTELONGO-SIERRA, José Guadalupe

Universidad Tecnológica de San Luis Potosí

“Sistema de enfriamiento y limpieza para mejorar la eficiencia en paneles fotovoltaicos en la Zona Sur de Veracruz”

GARRIDO-MELÉNDEZ, Javier, REYNA-GUERRA, Pablo, ESCOBEDO-TRUJILLO, Beatris y FLORES-MARTINEZ, Eladio

Universidad Veracruzana

Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz

“Control de Descarga de Voltaje en Baterías para una Máquina de Retribución Inversa Alimentada por Paneles Solares”

GARCIA-HERNANDEZ, Martín, MEZA-ESPINOSA, José Juan, MANRIQUE-EK, Josué Abraham y CARDOZO-AGUILAR, Guadalupe

MoviñoTech - DCIyDT

Universidad de Guadalajara

“Técnicas pasivas para la evaluación térmica de un concentrador solar”

VELAZQUEZ-LUCHO, Karla María, ESPINOSA-CRUZ, Lizeth Maritza, TAVERA-MARTÍNEZ, Martín y ZUÑIGA-GUERRERO, Laidi

Instituto Tecnológico Superior de Huichapan

